

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Электрооборудование и система автоматизации системы дозирования сыпучих материалов »

УДК 621.31-568.1.26.028.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-5ГЗБ1	Отамуродов Ф.Х		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ляпушкин С.В	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКД ИШНКБ	Ледовская А.М			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель отделения	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Дементьев Ю.Н.	Ph.D., доцент		

Томск – 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение
высшего профессионального образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерная школа энергетики
Отделение Электроэнергетики и электротехники
Направление подготовки – 13.03.02 Электроэнергетика и
электротехника (бакалавриат)
Профиль Электропривод и автоматика

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. отделением

_____ Дементьев Ю.Н.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5ГЗБ1	Отамуродов Фарход Холмирзоевич

Тема работы:

«Электрооборудование и система автоматизации системы дозирования сыпучих материалов»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№856/с от 08.02.2018

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2018г
--	-------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Объект исследования – система управления асинхронным электроприводом системы дозирования сыпучих материалов. Режим работы электропривода - периодический. Требование – обеспечить наименьшую ошибку дозирования сыпучих материалов Исходные данные к работе: - двигатель: мощность $P=0,75$ кВт, частота вращения двигателя $n=2810$ об/мин, $\eta=0,74$; $\cos \varphi_n = 0,78$;
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования,	Исследование технологического процесса автоматического дозирования сыпучих материалов; Описание различных систем дозирования и особенностей их работы; Выбор оборудования; Расчет параметров и характеристик АД; Система автоматического управления

проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	электроприводом; Получение результатов дозирования при помощи имитационной модели дозирования;
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Структурная схема автоматизированной системы дозирования сыпучих материалов; Имитационная модель системы Результаты дозирования материала различной массы
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Ледовская А.М
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Попова С.Н

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.04.2018 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ляпушкин С.В.	К.Т.Н.		05.04.2018г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5ГЗБ1	Отамуродов Фарход Холмирзоевич		05.04.2018г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5ГЗБ1	Отамуродов Фарход Холмирзоевич

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение	Электроэнергетика и электротехника
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, а также нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Разработка технического задания и выбор направления исследований
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Теоретические и экспериментальные исследования
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Обобщение и оценка результатов, оформление отчета по НИР

Перечень графического материала:

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5ГЗБ1	Отамуродов Фарход Холмирзоевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Группа	ФИО
3-5ГЗБ1	Отамуродов Фарход Холмирзоевич

Студенту:

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Электрооборудование и система автоматизации системы дозирования сыпучих материалов
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p>Анализ опасных факторов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Механические травмы 2. Поражения электрическим током <p>Анализ вредных факторов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Низкая освещенность; 2. Шум; 3. Вибрация; 4. Отклонение параметров микроклимата от допустимых значений в рабочей зоне.
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу 	<p>Анализ воздействия объекта на литосферу: образование отходов, связанных с заменой комплектующих; загрязнение трансформаторным маслом при авариях с маслонаполненным</p>

(сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	оборудованием на подстанциях, золоотвалы.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Наиболее типичная ЧС для рассматриваемого цеха – пожар. Разработка мероприятий по предупреждению и действию во время ЧС (в т.ч. по необходимому оснащению (первичные средства пожаротушения пожарная сигнализация, система автоматического пожаротушения), инструкции по пожарной безопасности для работников, план эвакуации работников при пожаре).
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Разработка организационных мероприятий при компоновке рабочей зоне (в соответствии эргономическими требованиями). Правила внутреннего трудового распорядка предприятия.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКД ИШНКБ	Ледовская Анна Михайловна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5ГЗБ1	Отамуродов Фарход Холмирзоевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 90 с., 32 рис., 11 табл., 17 источников.

Ключевые слова: дозирование, сыпучие материалы, преобразователь частоты, инвертор, шнековый питатель, выбор оборудования, асинхронный электродвигатель, структурная схема, ресурсоэффективность, ресурсосбережение, социальная ответственность.

Цель работы: Исследование системы дозирования сыпучих материалов.

В процессе исследования произведен расчет на основе исходных данных, поэтапный расчет параметров асинхронного двигателя, выбор оборудования, построение графиков, отражающих результаты дозирования материала.

В результате исследования была изучена имитационная модель дозирования сыпучих материалов, представлена ее экономическая целесообразность и безопасность для окружающей среды.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: исследуемая система состоит из асинхронного двигателя, регуляторов веса и скорости, бункера-дозатора, аппаратов управления и защиты.

Область применения: легкая промышленность с нормальной средой в производственных помещениях.

Введение.....	9
1.Объект и методы исследования.....	12
2. Расчет характеристик и выбор электротехнического электрооборудования автоматической системы дозирования сыпучих материалов.....	15
2.1Определение параметров схемы замещения АД.....	15
2.2Построение механических и электромеханических характеристик АД.....	19
2.3Выбор дополнительного оборудования.....	21
2.4Расчет инвертора.....	23
2.5Расчет выпрямителя.....	24
2.6Расчет статических характеристик при частотном управлении.....	26
2.7Оптимизация контура скорости.....	30
2.8 Синтез регулятора скорости на симметричный оптимум	31
2.9Оптимизация контура веса.....	33
2.10 Разработка имитационной модели автоматической системы дозирования сыпучих материалов.....	35
2.11 Выбор электрооборудования автоматизированного комплекса дозирования сыпучих материалов.....	42
2.12Выбор электромагнитного пускателя.....	43
2.13Модуль микроконтроллера RTU 188BS.....	43
2.14Модуль релейной коммутации.....	46
2.15Тензодатчик серии С.....	50
3.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность.....	51
4.Производственная безопасность.....	72
Заключение.....	88
Список литературы.....	89

Введение

Автоматическое дозирование сыпучих материалов всё шире внедряется в различные технологические процессы. Увеличение объема применения систем дозирования обуславливается рядом достоинств этого оборудования и прежде всего увеличением качества выпускаемой продукции и экономией сырья[17].

Дозаторы с автоматическим регулированием представляют собой механизмы, которые предназначены для выдачи потока материала с определенным значением расхода. В таких случаях, для компенсации возникающих в процессе дозирования отклонений расхода от требуемого значения применяются устройства, автоматически измеряющие интенсивность потока и корректирующие ее по величине в определённых пределах.

Дозатор непрерывного действия (рисунок 1) может обладать следующими функциональными элементами: 1) рабочие органы, которые обеспечивают движение материала и которые определяют величину расхода; 2) первичные преобразователи, которые измеряют расход и преобразуют измеренную величину в требуемые сигналы (электрические, пневматические и т.п.); 3) передаточные звенья, служащие для передачи и усиления сигналов; 4) устройства для выработки закона управления; 5) исполнительные механизмы; 6) контрольно-измерительные и регистрирующие приборы, наблюдающие за работой дозаторов и регистрации процесса дозирования; 7) вспомогательные конструктивные элементы (воронки, натяжные и очистные устройства).

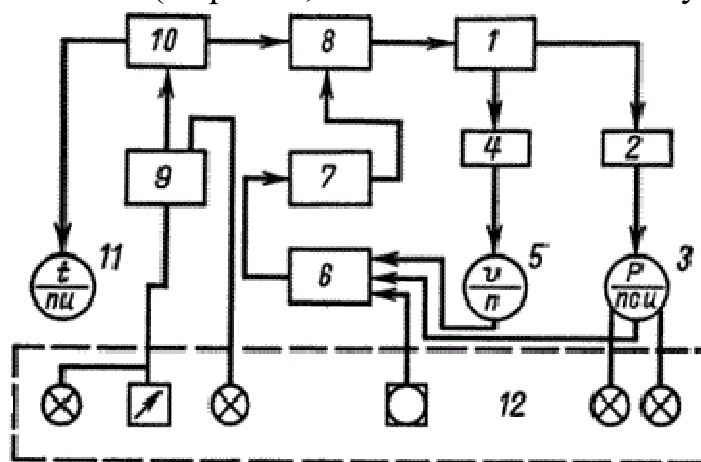


Рисунок 1- Функциональная схема дозатора непрерывного действия

Автоматизированная система дозирования компонентов строительных смесей

Система предназначена для автоматического, полуавтоматического и ручного управления процессом дозирования компонентов строительных смесей с выдачей на экран ПЭВМ оперативной информации о работе механизмов системы.

Состав системы

Механические компоненты

- **Дозатор цемента.** Подача цемента в дозатор осуществляется двумя шнековыми питателями, который обеспечивает режим «грубо-точно». Для стряхивания цемента со стенок накопительного бункера используются вибраторы. Выгрузка цемента из дозатора осуществляется через откидное днище с уплотнением.
- **Дозатор щебня.** Подача щебня в дозатор осуществляется через дозирующее устройство, имеющее в своем составе две секторные заслонки с пневмоприводом. Стенки бункера для предотвращения износа армированы броней. Выгрузка щебня из весового бункера осуществляется через секторную заслонку.
- **Дозатор песка.** Подача песка в дозатор осуществляется через дозирующее устройство, имеющее в своем составе две секторные заслонки с пневмоприводом. Для стряхивания песка со стенок загрузочного бункера используются пневматические вибраторы. Дополнительной мерой в случае, если выявлено зависание песка, являются повторные возвратные движения секторной заслонки. Днище весового бункера также совершает повторные движения при выявлении зависания песка в бункере.
- **Дозатор жидкости.** Подача воды и химдобавок в дозатор осуществляется через клапанные затворы, управляемые пневмоприводами. Выпуск жидкости из дозатора осуществляется через клапанный затвор, открываемый пневмоприводом.

Экран ПК

Электронные компоненты

- **Пост оператора.** Пост оператора состоит из ПЭВМ, Терминала дозирования компонентов смеси ТДКС, Пульта управления ПУ, Табло информационного ТИ в количестве от 3 до 6. Контроллера дискретных сигналов КДС, Блока релейного БР, Источника бесперебойного питания ИБП, Щитка защиты от перенапряжений с фильтром помех ЩЗПФ и принтера ПР
- **Пульт управления ПУ** предназначен для ручного управления процессом дозирования компонентов смеси. На пульте управления находятся переключатели, сигнальные лампочки и кнопки управления, обеспечивающие работу оператора в ручном режиме, а также цифровые табло, индицирующие текущий вес продукта в каждом из дозаторов.
- **Терминал дозирования компонентов смеси ТДКС** предназначен для полуавтоматического управления технологическим процессом дозирования компонентов смеси и отображения результатов на четырехстрочном символьном ЖКИ. Терминал имеет следующие характеристики
 - Количество каналов управления 2 – 6
 - Количество хранимых рецептов, не более 100
 - Количество хранимых отвесов, не более 9000

- **Табло информационное ТИ** предназначено для отображения текущего веса в бункере дозатора. Количество табло в системе равно количеству дозаторов

- **Контроллер дискретных сигналов КДС** предназначен для приема дискретных входных сигналов и передачи их по интерфейсу RS232 в ТДКС, а также для приема от ТДКС и передачи в БР команд управления

- **Блок усиления сигналов БУС** предназначен для усиления сигналов от ТДКС и коммутации силовых цепей по командам, поступающим от КДС

Дополнительное оборудование

При необходимости в состав поставляемого оборудования могут быть включены

- вибраторы электромеханические или пневматические – для стряхивания песка или цемента при их застревании или налипании на стенки навесового бункера и/или дозатора

- одно и двухвинтовые шнековые питатели с двухскоростным приводом – для регулируемой подачи цемента в дозатор

- блоки подготовки воздуха - для дополнительной очистки воздуха перед подачей его в дозаторы.

Функции системы

- Ведение базы данных рецептов строительной смеси, автоматизация выбора рецепта.

- Ведение базы данных выполненных отвесов за весь период функционирования системы.

- Формирование отчетных документов о результатах работы системы за назначаемый период.

- Выполнение рецептов в автоматическом режиме:
- управление механизмами подачи компонентов смеси,
- взвешивание компонентов смеси,
- управление выпускными заслонками,
- выявление и ликвидация застреваний материала в бункерах.
- Обнаружение аварийных технологических ситуаций и сигнализация об этом оператору.

- Настройка дозаторов (тарирование и калибровка).
- Автоматическая диагностика механизмов и электронного оборудования
- Автоматический, полуавтоматический и ручной режимы управления дозаторами

Преимущества применения

- высокое качество бетона за счет точного соблюдения рецептуры смеси;
- высокая производительность за счет автоматизации процесса дозирования и назначения рецептов;

- автоматическое фискальное документирование процесса, предотвращающее хищения материалов и готового раствора;

- формирование, хранение и распечатка отчетов по компонентам смеси и готового раствора за различные периоды (смену, сутки, неделю, месяц);

- комфортные условия труда оператора

В качестве примера системы дозирования представлена схема установки для приготовления бетона (рисунок 2).

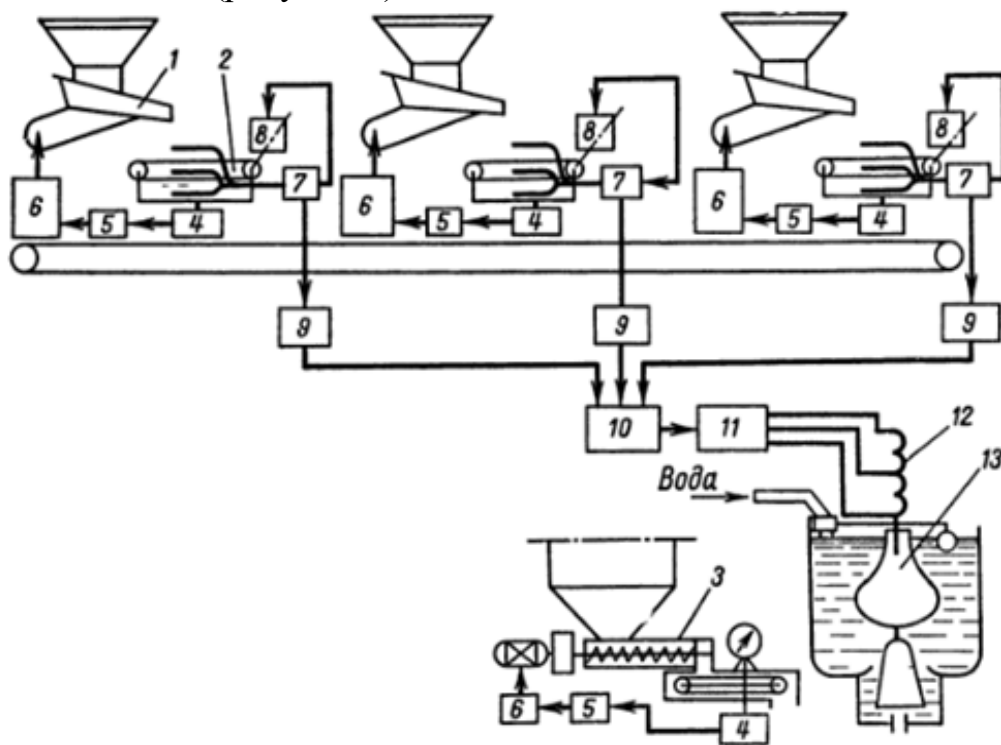


Рисунок 2- Схема установки для приготовления бетона

Обозначения, принятые на рисунке 2:

1- вибропитатель; 2- транспортер-массоизмеритель; 3- шнековый питатель; 4- преобразователь; 5,6- усилитель; 7- датчик влажности; 8- регулируемый привод; 9- блок задержки; 10- сумматор; 11- усилитель; 12- сервопривод; 13- дозатор.

Автоматизированная система дозирования сыпучих материалов в сельском хозяйстве

Функциональная схема автоматической системы дозирования сыпучих материалов показана ниже (рисунок 3). Основные составляющие схемы: 6 расходных бункеров(РБ), которые содержат дозируемые компоненты (пшеница, ячмень); 6 шнековых питателей(ШП), оборудованных асинхронными электродвигателями; бункер-дозатор грузоподъемностью до 1000 кг, которые установлен на 3-х тензодатчиках (ТДВ); бункер-смеситель, который оснащен АД смесителя и двигателем рыхлителя; бункер отгрузки готовой продукции с емкостным датчиком уровня; транспортная подсистема отгрузки готовой продукции[15].

Зерновое сырье поступает в расходные бункера посредством автомобильного терминала. Загрузка одного бункера емкостью 50 тонн занимает не менее 3-х часов. После загрузки расходных бункеров компоненты поочередно поступают в бункер-дозатор. В нем соответствии с заданным рецептом осуществляется дозирование. Сигнал, пропорциональный текущему весу снимается с 3 тензодатчиков и поступает в нормирующий усилитель (НСУ), где суммируется, нормируется в стандартный токовый сигнал и в таком виде поступает в контроллер. После завершения процесса дозирования всех компонентов масса направляется в бункер-смеситель. Время смешивания колеблется от 1 до 3 минут в зависимости от выбранного рецепта. Готовая смесь поступает на транспортер отгрузки готовой продукции. Отгрузка готовой продукции происходит через автомобильный терминал с производительностью 15 тонн в час. Управление двигателями шнековых питателей ведется от одного преобразователя частоты (ПЧ) через блок релейной коммутации (БРК1) по сигналу микроконтроллера. Двигатель смесителя (М8) и рыхлителя (М9) подключаются к сети через блок релейной коммутации (БРК2), который управляется от микроконтроллера.

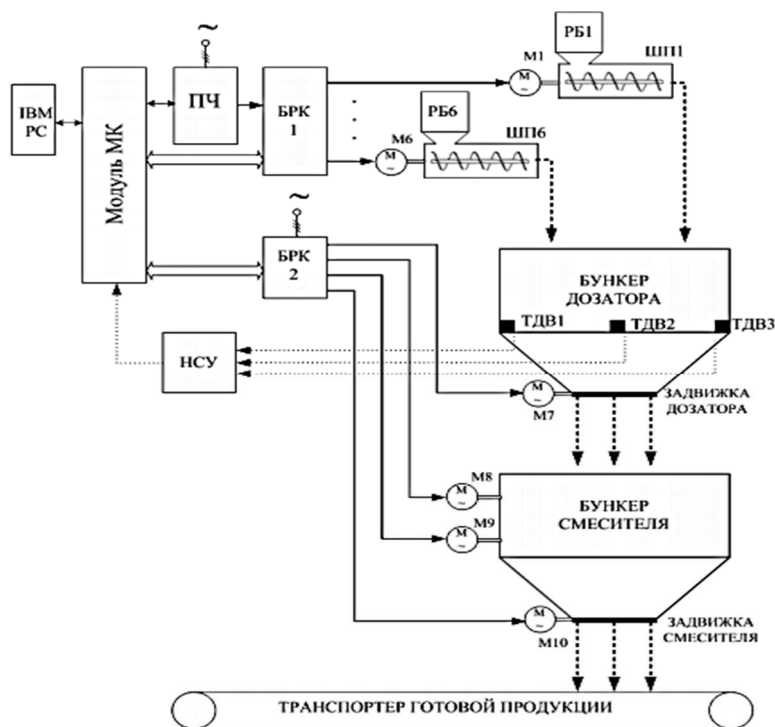


Рисунок 3- Функциональная схема автоматической системы дозирования сыпучих материалов, применяемая с/х

Именно эту систему рассмотрим более подробно, а именно: рассчитаем параметры схемы замещения асинхронного двигателя (АД), построим все необходимые характеристики, характеризующие работу АД, произведем выбор и расчет необходимого электрооборудования, рассмотрим

имитационную модель электропривода автоматизированной системы дозирования сыпучих материалов.

Объект и методы исследования

Объектом исследования является автоматизированная система дозирования сыпучих материалов, изображенная на рисунке 3.

Чтобы достичь высокой надежности программно-аппаратный комплекс должен состоять не менее чем из трех уровней (рисунок 1.1). Нижний уровень состоит из датчиков и исполнительных механизмов[14] Средний уровень содержит в себе управляющий контроллер и модуль релейной коммутации. Верхний уровень имеет автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора на базе ПК. Связь верхнего и среднего уровней осуществляется посредством интерфейса RS-485 на физическом уровне и протоколом обмена, специально разработанным для стенда. Скорость обмена информацией между контроллером и АРМ оператора составляет 9600 бод.

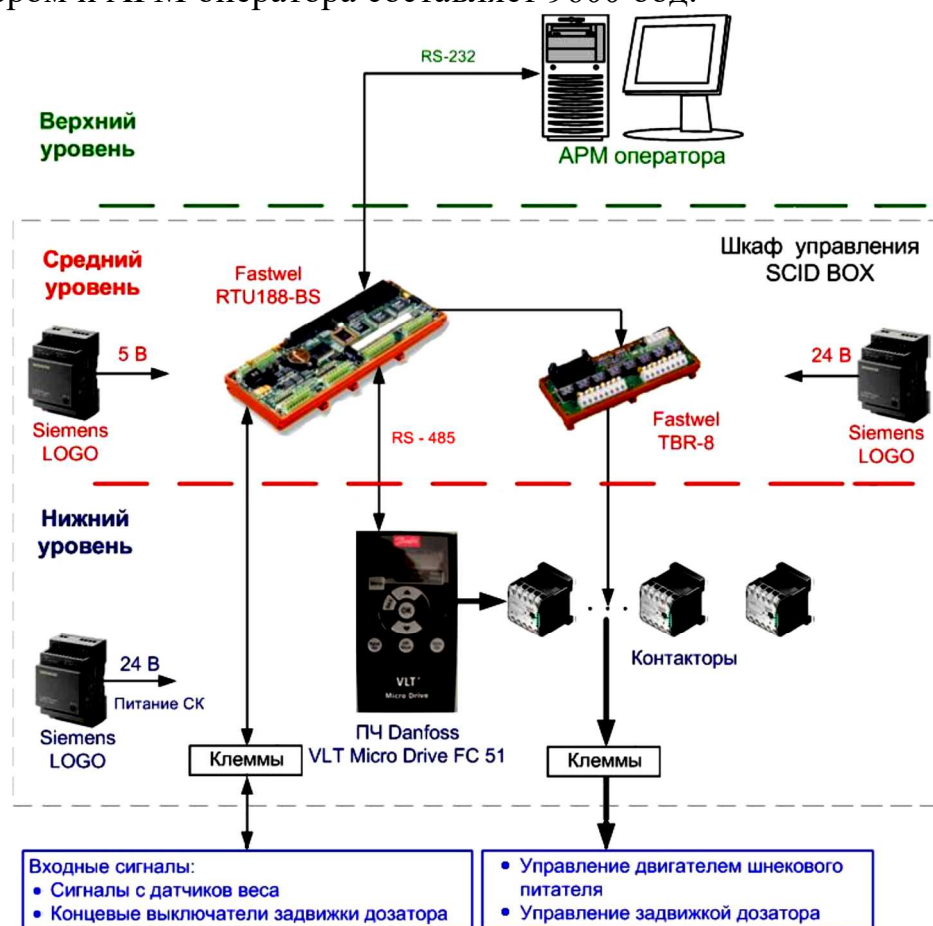


Рисунок 1.1 - Структурная схема автоматической системы дозирования сыпучих материалов

Технологический процесс дозирования требует максимальную точность дозирования при заданной производительности. На рисунке 3 представлена функциональная схема асинхронного электропривода шнекового питателя для автоматического дозирования сыпучих материалов.

2. Расчет характеристик и выбор электротехнического электрооборудования автоматической системы дозирования сыпучих материалов

Для разработки автоматизированной системы дозирования сыпучих материалов необходимо для начала произвести расчет параметров схемы замещения асинхронного двигателя VTB 71С паспортные данные которого отображены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Паспортные данные АД VTB 71С

Заданные величины	Условное обозначение	Единица измерения	Численное значение
Фазное напряжение	U_{ϕ}	<i>В</i>	220
Линейное напряжение	$U_{\text{л}}$	<i>В</i>	380
Мощность двигателя	$P_{\text{дв.}}$	<i>Вт</i>	750
КПД	η_n	%	74
Синхронная частота вращения	n_c	<i>об/мин</i>	2810
Коэффициент мощности	$\cos \varphi_n$	<i>о.е.</i>	0,78
Номинальное скольжение	S_n	%	1,3
Кратность пускового тока	k_i	<i>о.е.</i>	6
Кратность пускового момента	k_n	<i>о.е.</i>	2,6
Кратность максимального момента	k_{max}	<i>о.е.</i>	2,7
Кратность минимального момента	k_{min}	<i>о.е.</i>	1,6
Коэффициент загрузки двигателя	$p_{\text{ж}}$	<i>о.е.</i>	0,75
Число пар полюсов	p	-	1
Частота питающей сети	f	<i>Гц</i>	50
Число фаз двигателя	m	-	3

2.1 Определение параметров схемы замещения АД

Синхронная угловая скорость вращения двигателя:

$$\omega_c = \frac{\pi \cdot n_c}{30} = \frac{3,14 \cdot 2810}{30} = 294,263 \text{ рад / с}$$

Номинальная частота вращения двигателя:

$$n_{\text{дв.н}} = (1 - S_n) \cdot n_c = (1 - 0,013) \cdot 2810 = 2773 \text{ об / мин}$$

Номинальная угловая скорость:

$$\omega_{\text{дв.н}} = (1 - S_n) \cdot \omega_c = (1 - 0,013) \cdot 294,263 = 290,437 \text{ рад / с}$$

Номинальный момент двигателя:

$$M_{\text{дв.н}} = \frac{P_{\text{дв}}}{\omega_{\text{дв.н}}} = \frac{750}{290,437} = 2,582 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Тогда номинальный фазный ток:

$$I_{\text{фн}} = \frac{P_{\text{дв}}}{m \cdot U_{\text{ф}} \cdot \cos \varphi_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{н}}} = \frac{750}{3 \cdot 220 \cdot 0,78 \cdot 0,74} = 1,969 \text{ А}$$

Для расчетов статических и динамических характеристик асинхронного двигателя найдем параметры схемы замещения. Т – образная схема замещения асинхронного двигателя для одной фазы приведена на рисунке 2.1.1.

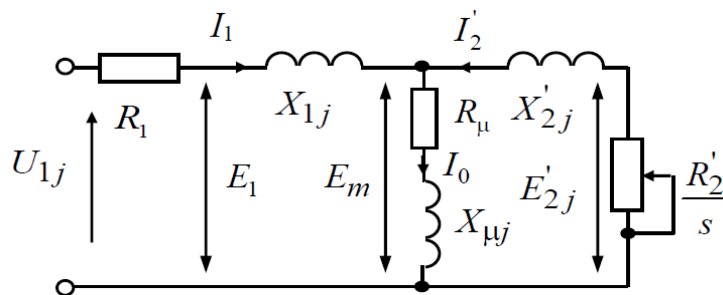


Рисунок 2.1.1 - Т-образная схема замещения асинхронного двигателя

АД проектируются таким образом, что наибольший КПД достигается при загрузке на 10 – 15 % меньше номинальной. Коэффициент мощности при нагрузке равной значительно отличается от мощности при номинальной нагрузке, причем это отличие сильно зависит от мощности двигателя и для известных серий асинхронных двигателей с достаточной для практики точностью подчиняется зависимости, приведённой на рисунке 2.1.2.

Коэффициент мощности при частичной загрузке:

$$\cos \varphi_{p^*} = 0,99 \cdot \cos \varphi_{\text{н}} = 0,99 \cdot 0,7 = 0,772$$

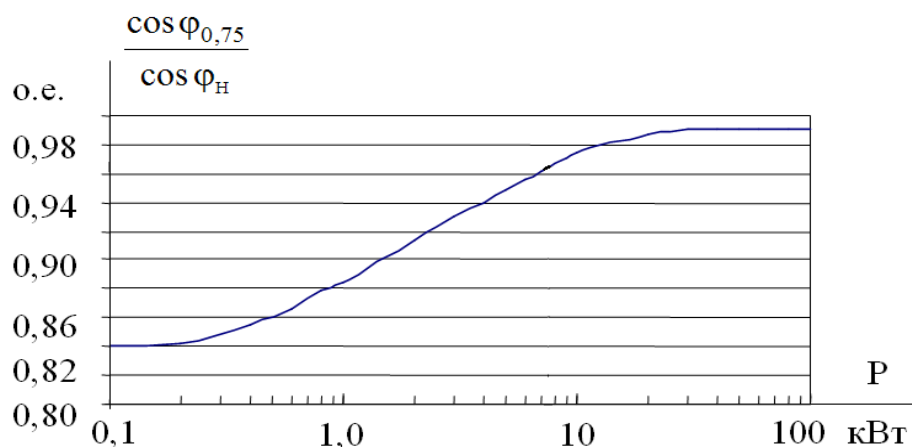


Рисунок 2.1.2 – Зависимость $\cos \varphi_{0,75} / \cos \varphi_{\text{н}}$ от мощности асинхронных двигателей

Коэффициент загрузки двигателя принимаем $p^* = 0,75$ из-за указанных выше особенностей проектирования асинхронных двигателей.

Тогда ток статора двигателя при частичной нагрузке равен:

$$I_{11} = \frac{p^* \cdot P_{\partial\partial}}{m \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi_{p^*} \cdot \eta_n} = \frac{0,75 \cdot 750}{3 \cdot 220 \cdot 0,772 \cdot 0,74} = 1,688 \text{ A}$$

Ток холостого хода асинхронного двигателя:

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{11}^2 - \left(\frac{p^* \cdot I_{\phi n} \cdot (1 - S_n)}{1 - p^* \cdot S_n} \right)^2}{1 - \left(\frac{p^* \cdot (1 - S_n)}{1 - p^* \cdot S_n} \right)^2}} = \sqrt{\frac{1,688^2 - \left(\frac{0,75 \cdot 1,969 \cdot (1 - 0,013)}{1 - 0,75 \cdot 0,013} \right)^2}{1 - \left(\frac{0,75 \cdot (1 - 0,013)}{1 - 0,75 \cdot 0,013} \right)^2}} = 1,245 \text{ A}$$

Из формулы Клосса следует соотношение для расчета критического скольжения:

$$S_{кр.} = S_n \cdot \frac{k_{\max} + \sqrt{k_{\max}^2 - (1 - 2 \cdot S_n \cdot \beta \cdot (k_{\max} - 1))}}{1 - 2 \cdot S_n \cdot \beta \cdot (k_{\max} - 1)} =$$

$$= 0,013 \cdot \frac{2,7 + \sqrt{2,7^2 - (1 - 2 \cdot 0,013 \cdot 1 \cdot (2,7 - 1))}}{1 - 2 \cdot 0,013 \cdot 1 \cdot (2,7 - 1)} = 0,071 \text{ o.e.}$$

где в первом приближении коэффициент $\beta = 1$

Предварительно для расчёта активных и индуктивных сопротивлений (параметров схемы замещения) обмоток статора и ротора определяются следующие коэффициенты:

$$C_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_i \cdot I_{\phi n}} = 1 + \frac{1,245}{2 \cdot 6 \cdot 1,969} = 1,053$$

$$A_1 = \frac{m \cdot U_{\phi}^2 \cdot (1 - S_n)}{2 \cdot C_1 \cdot k_{\max} \cdot P_{\partial\partial}} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot (1 - 0,013)}{2 \cdot 1,053 \cdot 2,7 \cdot 750} = 33,614$$

Активное сопротивление ротора, приведенное к обмотке статора асинхронного двигателя:

$$R'_2 = \frac{A_1}{\left(\beta + \frac{1}{S_{кр.}} \right) \cdot C_1} = \frac{33,614}{\left(1 + \frac{1}{0,071} \right) \cdot 1,053} = 2,116 \text{ Ом}$$

Активное сопротивление обмотки статора определяется по следующему выражению:

$$R_1 = C_1 \cdot R'_2 \cdot \beta = 1,053 \cdot 2,116 \cdot 1 = 2,227 \text{ Ом}$$

Параметр γ , для определения сопротивления короткого замыкания:

$$\gamma = \sqrt{\frac{1}{S_{кр}^2} - \beta^2} = \sqrt{\frac{1}{0,071^2} - 1^2} = 14,058$$

$$X_{\kappa} = \gamma \cdot C_1 \cdot R'_2 = 14,058 \cdot 1,015 \cdot 2,274 = 31,308 \text{ Ом}$$

Тогда, индуктивное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора, приближённо может быть рассчитано:

$$X'_2 = 0,58 \cdot \frac{X_{\kappa}}{C_1} = 0,58 \cdot \frac{31,308}{1,053} = 17,25 \text{ Ом}$$

Индуктивное сопротивление обмотки статора:

$$X_1 = 0,42 \cdot X_{\kappa} = 0,42 \cdot 31,308 = 13,149 \text{ Ом}$$

Индуктивное сопротивление цепи намагничивания, которое определяется через значение ЭДС обмотки статора

$$E_1 = \sqrt{\left(U_{\phi} \cdot \cos \varphi_n - R_1 \cdot I_{\phi n}\right)^2 + \left(U_{\phi} \cdot \sin \varphi_n + X_1 \cdot I_{\phi n}\right)^2} = \\ = \sqrt{\left(220 \cdot 0,78 - 2,227 \cdot 1,969\right)^2 + \left(220 \cdot 0,626 + 13,149 \cdot 1,969\right)^2} = 201,138 \text{ В}$$

Индуктивное сопротивление намагничивания:

$$X_m = \frac{E_1}{I_0} = \frac{201,138}{1,245} = 161,544 \text{ Ом}$$

Индуктивность обмотки статора обусловлена потоками рассеяния:

$$L_{1\delta} = \frac{X_1}{2\pi f} = \frac{13,149}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,042 \text{ Гн}$$

Приведенная индуктивность обмотки ротора, обусловленная потоками рассеяния:

$$L'_{2\delta} = \frac{X'_2}{2\pi f} = \frac{17,25}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,055 \text{ Гн}$$

Результирующая индуктивность, которая обусловлена магнитным потоком в воздушном зазоре, создаваемым суммарным действием полюсов статора (индуктивность контура намагничивания):

$$L_m = \frac{X_m}{2\pi f} = \frac{161,544}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,514 \text{ Гн}$$

Рассчитанные параметры схемы замещения асинхронного двигателя сведены в таблице 1.1.1

Таблица 1.1.1 - Параметры схемы замещения электродвигателя VTB 71C

$R_1, \text{ Ом}$	$X_1, \text{ Ом}$	$L_{1\delta}, \text{ Гн}$	$X_m, \text{ Ом}$	$L_m, \text{ Гн}$	$R'_2, \text{ Ом}$	$X'_2, \text{ Ом}$	$L'_{2\delta}, \text{ Гн}$	$X_{\kappa}, \text{ Ом}$
2,27	13,149	0,042	161,544	0,514	2,116	17,25	0,055	31,308

2.2 Построение механических и электромеханических характеристик АД

Механическая характеристика

Рассчитываем механическую характеристику асинхронного электродвигателя по формуле (рисунок 2.2.1):

$$M = \frac{m \cdot U_{1\phi}^2 \cdot R'_2}{\omega_n \cdot s \cdot \left[\left(R_1 + R'_2 \cdot s^{-1} \right)^2 + \left(X_{1\sigma} + X'_{2\sigma} \right)^2 \right]};$$

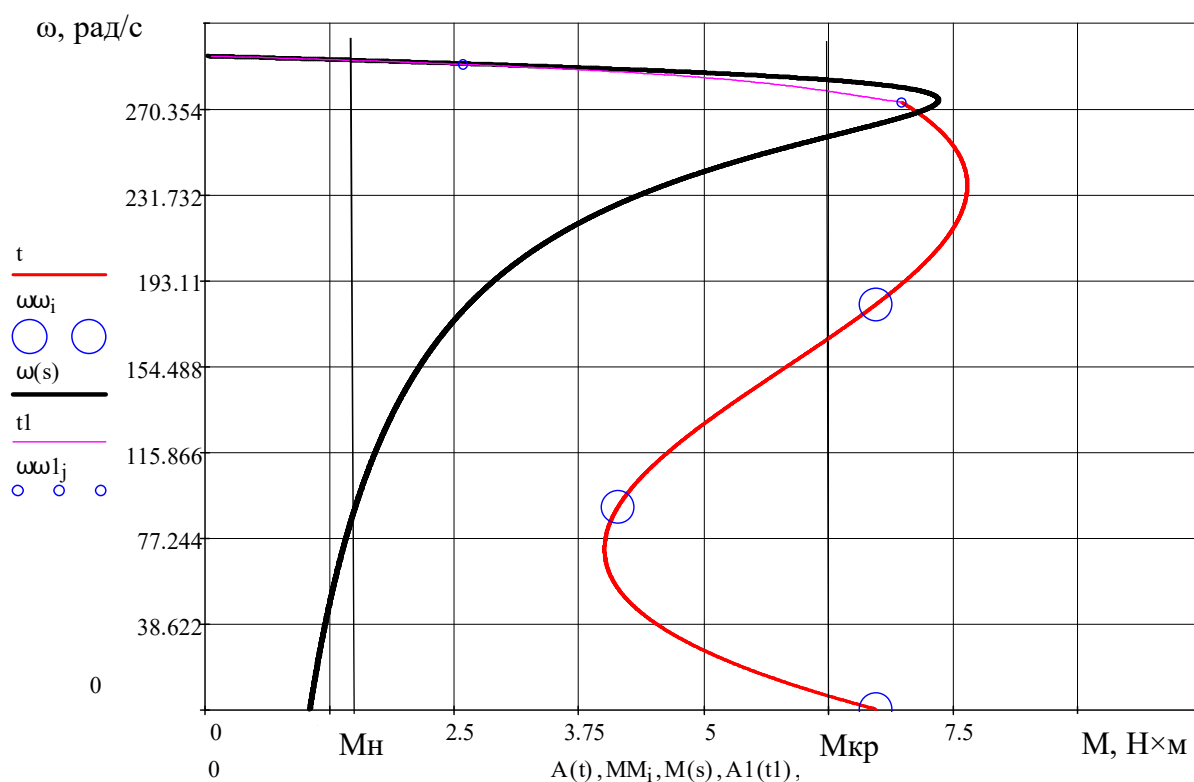


Рисунок 2.2.1 – Механическая характеристика асинхронного электродвигателя

Электромеханическая характеристика тока обмотки ротора

Момент критический двигательного режима:

$$\begin{aligned} M_{кр.} &= \frac{m \cdot U_{1\phi}^2}{2 \cdot \omega_n \cdot C_1 \cdot \left[R_1 + \sqrt{R_1^2 + X_k^2} \right]} = \\ &= \frac{3 \cdot 220^2}{2 \cdot 294,263 \cdot 1,015 \cdot \left[2,309 + \sqrt{2,309^2 + 32,458^2} \right]} = 6,972 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

Критическое скольжение:

$$S_k = \pm \frac{R'_2}{\sqrt{R_1^2 + X_k^2}} = \pm \frac{2,274}{\sqrt{2,309^2 + 32,458^2}} = \pm 0,07$$

Максимальный момент двигателя:

$$M_{\max} = k_{\max} \cdot M_H = 2,3 = 2,7 \cdot 2,582 = 6,972 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Минимальный момент двигателя:

$$M_{\min} = k_{\min} \cdot M_H = 1,6 \cdot 2,582 = 4,132 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Определим зависимость тока ротора I'_2 , приведенного к обмотке статора, от скольжения S .

График электромеханической характеристики $I'_2 = f(s)$ приведен на рисунке 2.2.2.

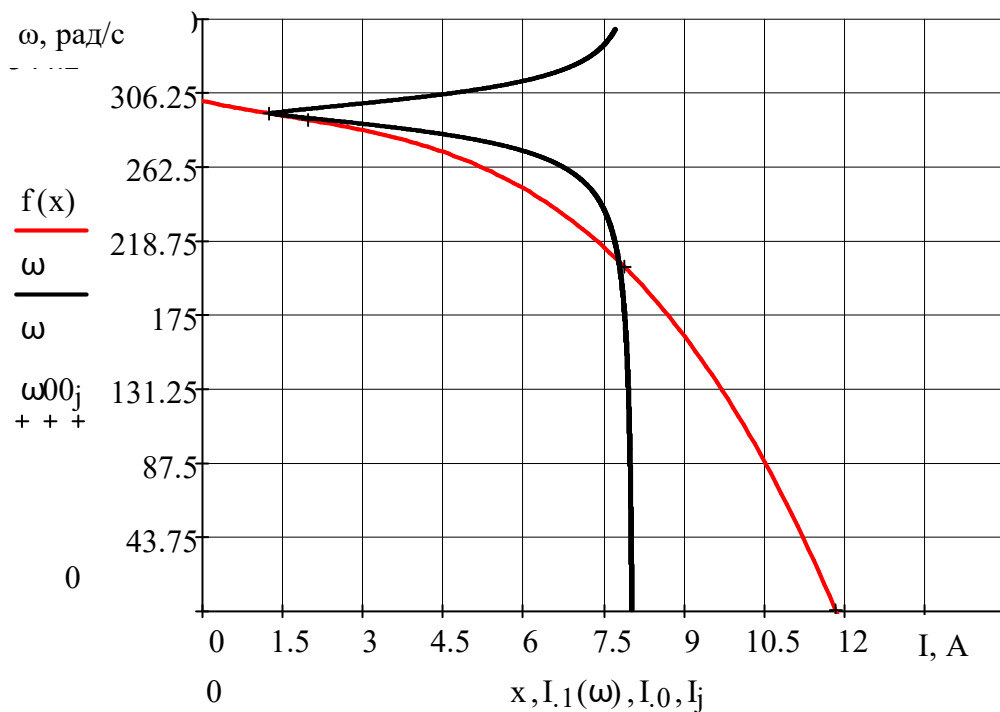


Рисунок 2.2.2 – График электромеханической характеристики тока обмотки ротора

2.3 Выбор дополнительного оборудования

Расчет преобразователя частоты

Выбран ПЧ «VLT Micro FC 51» 132F0020(рисунок 2.3.1) при условии, что

$$I_{H.ПЧ} \geq 1,25 I_{H.ДВ.} \quad P_{H.ПЧ.} \geq 1,25 P_{H.ДВ.}$$


Рисунок 2.3.1 - Преобразователь частоты Danfoss VLT Micro FC 51

Проверка адекватности выбора ПЧ из следующих условий:

- Рассчитывается полная пусковая мощность ПЧ:

$$\left[\frac{k \cdot n}{9550 \cdot \eta \cdot \cos \varphi} \cdot \left(M_{ст} + \frac{J}{9,55} \cdot \frac{n}{t_A} \right) \right] \leq 1,5 \cdot P_{H.ПЧ.}$$

$$\left[\frac{0,95 \cdot 2810}{9,55 \cdot 0,74 \cdot 0,78} \cdot \left(2,582 + \frac{0,0006}{9,55} \cdot \frac{2810}{10} \right) \right] = 1,266 \leq 1,5 \cdot 1,5$$

$$1,266 \text{ кВА} \leq 2,25 \text{ кВА}$$

где k – коэффициент искажения тока, который связан с алгоритмом формирования синусоиды тока с помощью ШИМ (широтно-импульсной модуляции напряжения на двигателе). Этот коэффициент может принимать значения от 0,95 до 1,05, и он не имеет размерности. В первом приближении можно принять его равным 1;

t_A – время, сек, в течение которого требуется разогнать двигатель до частоты вращения;

M_{CT} – статический момент нагрузки на валу двигателя, Н·м, в основном это номинальный момент двигателя, указанный в спецификации на двигатель.

- Рассчитывается ток $I_{ПОТР}$, который потребляет двигатель при работе от преобразователя частоты при напряжении U сети 220/380В:

$$I_{ПОТР} = \frac{k \cdot n \cdot M_{ct}}{9,55 \cdot \eta \cdot \cos \varphi \cdot U \cdot \sqrt{3}} = \frac{0,95 \cdot 2810 \cdot 2,582}{9,55 \cdot 0,74 \cdot 0,78 \cdot 380 \cdot \sqrt{3}} = 1,92 A < 2,14 A,$$

где M – момент нагрузки на валу двигателя, Н·м, в основном это номинальный момент двигателя, взятый из спецификации на двигатель;

U – линейное напряжение (действующее значение) на обмотках двигателя, В.

- Рассчитывается ток $I_{ПОТР.Р.}$, который потребляет двигатель при линейном разгоне:

$$I_{ПОТР.Р.} = \frac{k \cdot n}{9,55 \cdot \eta \cdot \cos \varphi \cdot U \cdot \sqrt{3}} \cdot (M_{ct} + M_{дин})$$

$$I_{ПОТР.Р.} = \frac{0,95 \cdot 2810}{9,55 \cdot 0,74 \cdot 0,78 \cdot 380 \cdot \sqrt{3}} \cdot (2,55 + 0,018) = 1,93 A < 2,14 A,$$

$$M_{ct} = \frac{P_H \cdot 9,55}{n} = \frac{750 \cdot 9,55}{2810} = 2,55 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{дин} = \frac{J}{9,55} \cdot \frac{n}{t} = \frac{0,0006}{9,55} \cdot \frac{2810}{10} = 0,018 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где M_{ct} – статический момент нагрузки на валу двигателя, Н·м, чаще всего это номинальный момент двигателя, взятый из спецификации на двигатель;

$M_{дин}$ – динамический момент нагрузки, который возникает при разгоне инерционной нагрузки, Н·м.

- Рассчитывается полная потребляемая двигателем мощность в номинальном установившемся режиме

$$S_{ПОТР} = \frac{k \cdot P}{\eta \cdot \cos \varphi} = \frac{0,95 \cdot 750}{0,74 \cdot 0,78} = 1,23 \text{ кВА} < 3 \text{ кВА},$$

где P – номинальная мощность двигателя, кВт.

Из получившихся условий можно сделать вывод, что ПЧ выбран правильно.

2.4 Расчет инвертора

Максимальный ток через ключи инвертора:

$$I_{c\max} = \frac{P_H \cdot k_1 \cdot \sqrt{2} \cdot k_2}{\eta_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \sqrt{3} \cdot U_{1H}} = \frac{750 \cdot 1,4 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,2}{0,74 \cdot 0,78 \cdot \sqrt{3} \cdot 220} = 8 \text{ А}$$

где P_H - номинальная мощность двигателя; Вт

$k_1 = 1,4$ - коэффициент допустимой кратковременной перегрузки по току, обеспечивающий динамику электропривода;

$k_2 = 1,2$ - коэффициент допустимой пульсации тока;

η_H - номинальный КПД двигателя;

$\cos \varphi_H$ - номинальный коэффициент мощности двигателя;

U_{1H} -номинальное линейное напряжение двигателя.

Расчет потерь в инверторе при ШИМ – формировании синусоидального тока на выходе состоит в определении составляющих потерь IGBT – транзисторов в проводящем состоянии и при коммутации, а также потерь обратного диода.

Потери в IGBT в проводящем состоянии:

$$P_{SS} = I_{CP} \cdot U_{CE(sat)} \cdot \left(\frac{1}{8} + \frac{D}{3\pi} \cdot \cos \varphi_H \right) = 5,73 \cdot 2,2 \cdot \left(\frac{1}{8} + \frac{0,95}{3\pi} \cdot 0,78 \right) = 2,57$$

$$\text{Где } I_{CP} = \frac{I_{c\max}}{k_1} = \frac{8}{1,4} = 5,73$$

$D = 0,95$ – максимальная скважность

$U_{CE(sat)} = 2,2 \text{ В}$ – прямое падение напряжения на IGBT в насыщенном состоянии при I_{CP}

Потери IGBT при коммутации:

$$P_{SW} = \frac{1}{\pi\sqrt{2}} \cdot \frac{I_{cp} \cdot U_{cc} \cdot (t_{con} + t_{coff}) \cdot f_{sw}}{2} = \frac{1}{\pi\sqrt{2}} \cdot \frac{5,73 \cdot 297 \cdot (0,4 \cdot 10^{-6} + 0,7 \cdot 10^{-6}) \cdot 5000}{2} = 1,08$$

где $t_{con} = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ с}$ – продолжительность переходных процессов по цепи коллектора IGBT на открывание транзистора;

$t_{coff} = 0,7 \cdot 10^{-6} \text{ с}$ – продолжительность ПП по цепи коллектора IGBT на закрывание транзистора;

$U_{cc} = 297 \text{ В}$ – напряжение на коллекторе IGBT (коммутируемое напряжение, равное напряжению звена постоянного тока);

$f_{sw} = 5000 \text{ Гц}$ – частота коммутации ключей.

Суммарные потери в IGBT:

$$P_Q = P_{SS} + P_{SW} = 2,57 + 1,08 = 3,65$$

Потери диода в проводящем состоянии:

$$P_{DS} = I_{ep} \cdot U_{ec} \cdot \left(\frac{1}{8} + \frac{D}{3\pi} \cdot \cos \varphi_H \right) = 5,73 \cdot 2 \cdot \left(\frac{1}{8} + \frac{0,95}{3\pi} \cdot 0,78 \right) = 2,34$$

где $I_{ep}=I_{cp}$ - максимальная амплитуда тока через обратный диод;

$U_{ec}=2$ В- прямое падение напряжения на диоде при I_{ep} .

Потери при восстановлении запирающих свойств диода:

$$P_{DR} = \frac{1}{8} \cdot I_{ep} \cdot U_{cc} \cdot t_{II} \cdot f_{sw} = \frac{1}{8} \cdot 5,73 \cdot 297 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 5000 = 0,21$$

где $t_{II}=0,2$ мкс – продолжительность обратного тока.

Суммарные потери диода:

$$P_D = P_{DS} + P_{DR} = 2,34 + 0,21 = 2,55$$

Результирующие потери IGBT с обратным диодом:

$$P_T = P_Q + P_D = 3,65 + 2,55 = 6,2$$

Условие выбора ключей IGBT: постоянный ток коллектора $I_c \geq I_{cmax}$

Из этого условия выбираем Trench IGBT шестого поколения серии IRGB4060DPBF.

2.5 Расчет выпрямителя

Максимальное значение среднего выпрямленного тока:

$$I_{dm} = \frac{\sqrt{3} \cdot \left(\frac{I_{cmax}}{\sqrt{2}} \right) \cdot U_{1n} \cdot \cos \varphi_H + n \cdot P_T}{U_d} = \frac{\sqrt{3} \cdot \left(\frac{8}{\sqrt{2}} \right) \cdot 220 \cdot 0,78 + 3 \cdot 6,2}{297} = 5,73$$

где $n=3$ - количество пар диодов и транзисторов в инверторе.

$U_d=U_{cc}$ - напряжение звена постоянного тока.

Максимальный рабочий ток диода:

$$I_{vm} = k_{cc} \cdot I_{dm} = 1,045 \cdot 5,73 = 6 \text{ A}$$

где $k_{cc}=1,045$ -для мостовой трехфазной схемы.

Максимальное обратное напряжение диода для мостовой схемы:

$$U_{vm} = k_{zn} \cdot \sqrt{2} \cdot U_{1n} \cdot k_{cn} \cdot k_c + \Delta U_n = 1,15 \cdot \sqrt{2} \cdot 220 \cdot 1,35 \cdot 1,5 + 150 = 872,4 \text{ В}$$

где $k_{zn}=1,15$ - коэффициент запаса по напряжению;

$k_c=1.5$ - коэффициент допустимого повышения напряжения;

$\Delta U_n=150$ - запасы на коммутационные выбросы напряжения в звене постоянного тока.

Потери в выпрямителе при установившемся режиме работы:

$$P_{DV} = m_v \cdot k_{cs} \cdot \left(U_j + R_{on} \cdot \frac{I_{dm}}{k_1} \right) \cdot \frac{I_{dm}}{k_1} = 6 \cdot 0,577 \cdot 1 \cdot \frac{5,73}{1,4} = 14,2$$

где $k_{cs}=0,577$ - для мостовой трехфазной схемы;

$m_v=6$ - число полупроводниковых приборов в схеме.

Емкость конденсатора, необходимая для протекания реактивного тока инвертора:

$$C = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{sm} \cdot \sin\left(\frac{\varphi_H}{2} - \frac{\pi}{12}\right)}{2 \cdot U_d \cdot f_{sw} \cdot q_1} = \frac{\sqrt{3} \cdot 4,81 \cdot \sin\left(\frac{0,45}{2} - \frac{\pi}{12}\right)}{2 \cdot 297 \cdot 5000 \cdot 0,06} = 0,03 \text{ мкФ}$$

где $\varphi_H=0,45$ - угол сдвига между первой гармоникой фазного напряжения и фазного тока;

I_{sm} - амплитудное значение тока в фазе двигателя;

q_1 - коэффициент пульсаций на входе фильтра.

Диоды выбираются по постоянному рабочему току (не менее I_{vm}) и по классу напряжения (не менее $U_{vm}/100$).

Опираясь на данные условия выбора, выбираем из каталога диод серии Д2Б.

2.6 Расчет статических характеристик привода при частотном управлении

При частотном регулировании скорости АД нужно учитывать, что реактивные сопротивления двигателя зависят от частоты питающего напряжения. При снижении частоты f_1 активное сопротивление R_1 становится соизмеримым с реактивными сопротивлениями машины. Для данной системы подходит регулирование класса $U_{1\phi}/f_{1j}=\text{const}$. На рисунке 2.6.1 изображены электромеханические характеристики с IR-компенсацией, определяющие зависимость тока статора от скольжения.

Зависимость тока статора от скольжения:

$$I_{111}(s) := \sqrt{I_0^2 + I'_{211}(s)^2 + 2 \cdot I_0 \cdot I'_{211}(s) \cdot \sin \frac{X_{\text{кн}} \cdot f_{1ж1}}{\sqrt{\left(R_{1\text{экв}1} + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + X_{\text{кн}}^2 \cdot f_{1ж1}^2}}}$$

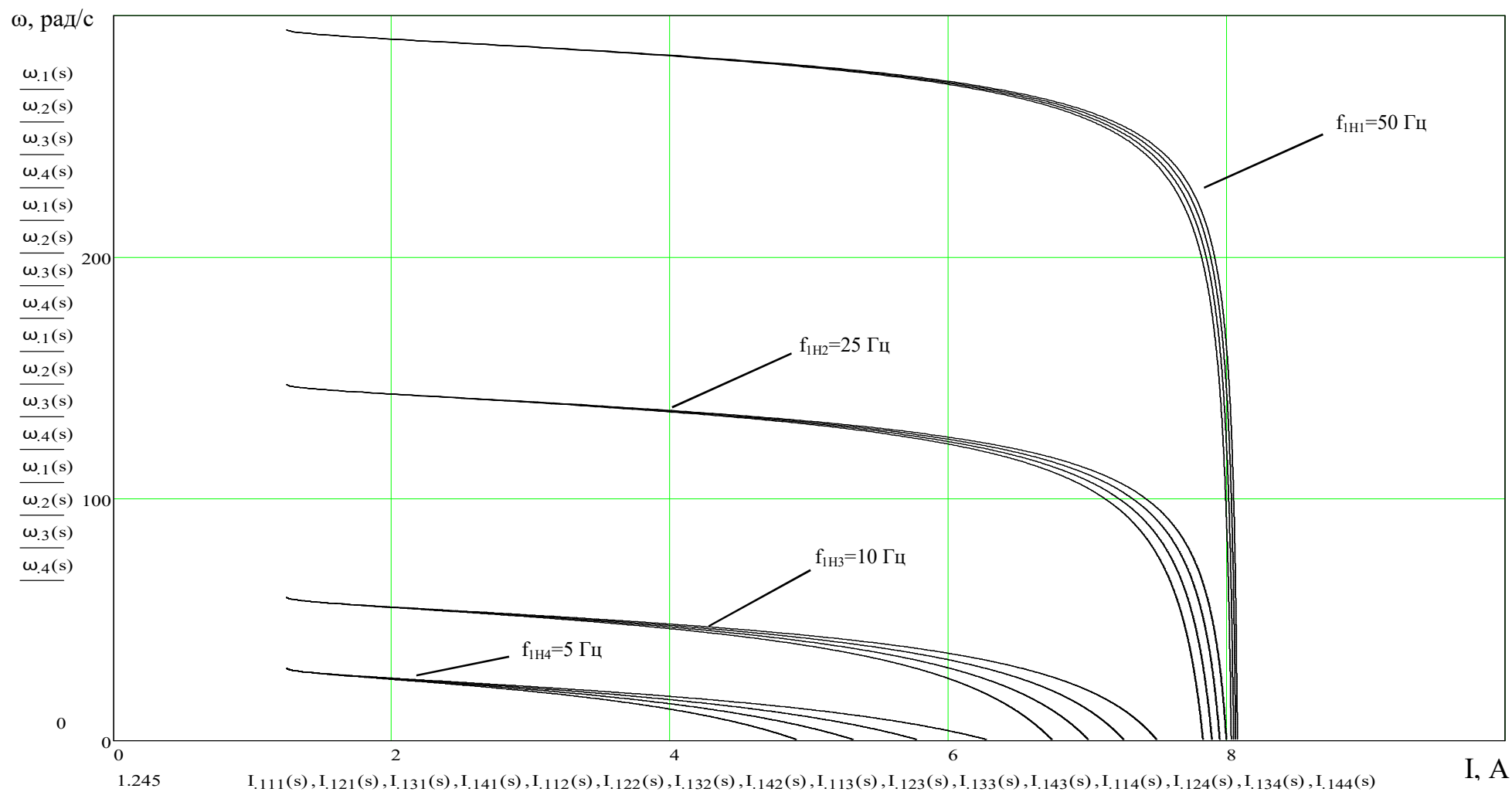


Рисунок 2.6.1 - Электромеханические характеристики асинхронного двигателя при переменных значениях величины частоты и напряжения питания

Также необходимо рассчитать и построить механические характеристики АД при переменных значениях величины и частоты напряжения питания. Строим аналогично той характеристике, что изображена на рисунке 2.6.1. На рисунке 2.6.2 изображены механические характеристики асинхронного двигателя с IR - компенсацией при переменных значениях величины и частоты напряжения питания.

Зависимость приведенного тока ротора от скольжения:

$$\Gamma'_{211}(s) := \frac{U_{1H}}{\sqrt{\left(R_{1\text{экв}1} + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + X_{\text{кн}}^2 \cdot f_{1ж1}^2 + \left(\frac{R_{1\text{экв}1} \cdot R'_2}{s \cdot X_{\mu H} \cdot f_{1ж1}}\right)^2}}$$

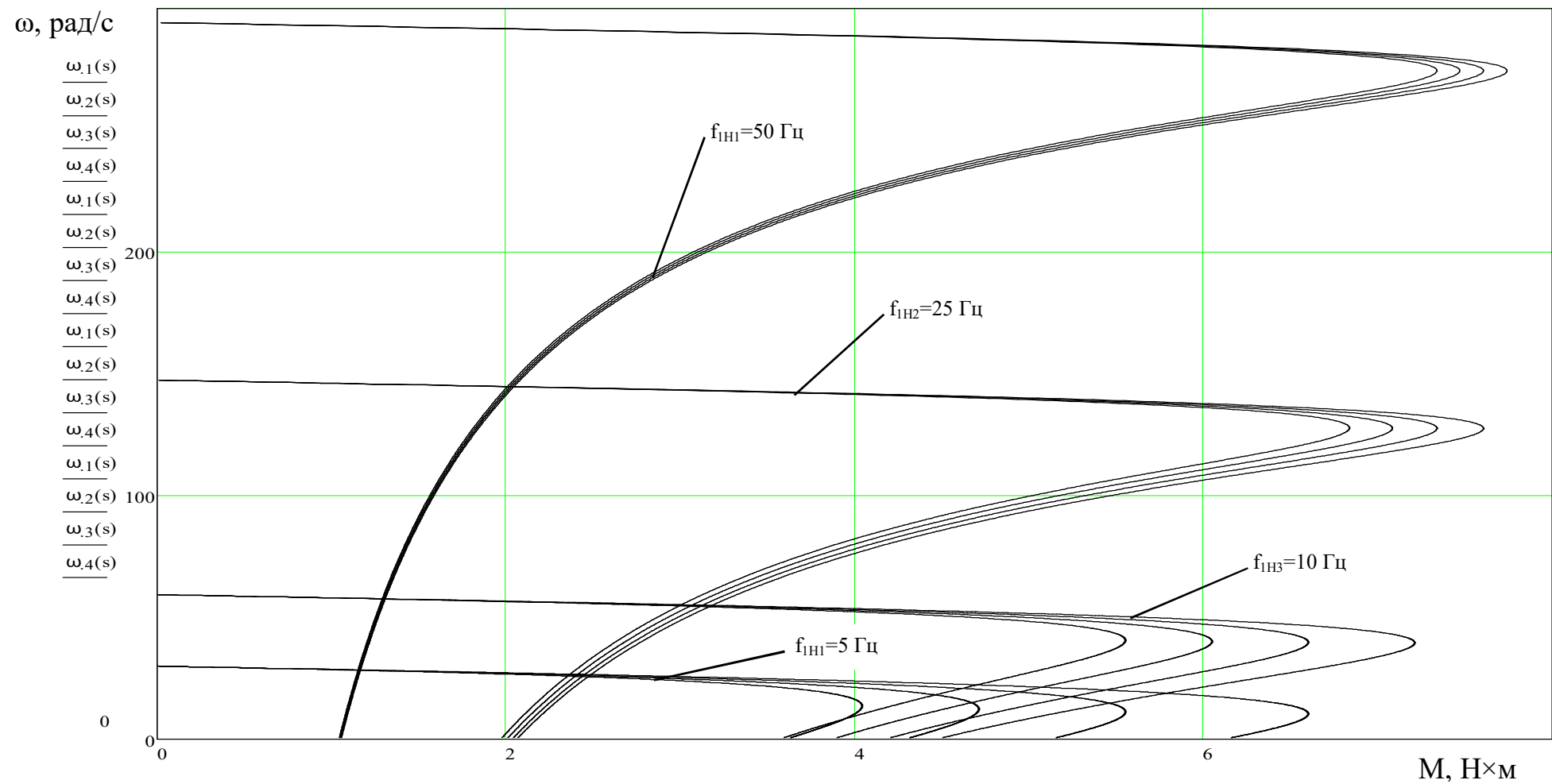


Рисунок 2.6.2 - Механические характеристики АД с ИР-компенсацией при переменных значениях величины частоты и питающего напряжения

2.7 Оптимизация контура скорости

Линеаризованная структурная схема системы преобразователь частоты - асинхронный двигатель (ПЧ-АД), приведена на рисунке 2.12.1.

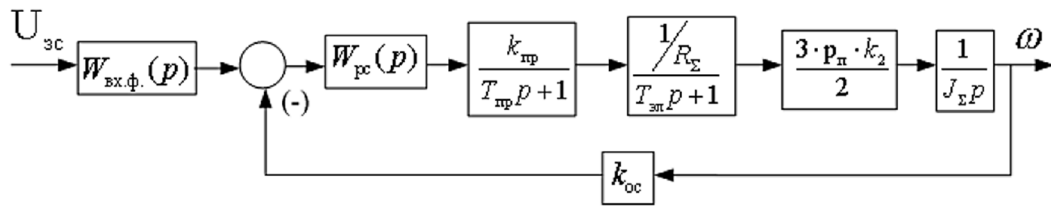


Рисунок 2.7.1 - Линеаризованная структура системы ПЧ-АД

На рисунке 2.12.1 приняты следующие обозначения:

$W_{рс}(p)$ - передаточная функция регулятора скорости;

$K_{пр}$ - коэффициент преобразователя частоты $K_{пр}=40$;

$T_{пр}$ - постоянная времени преобразователя частоты

$$T_{пр} = \frac{1}{f_{пр}} = \frac{1}{5000} = 0.5 \cdot 10^{-3} \text{ с} ;$$

$$T_{эл} = \frac{L_{1\delta} + L_m - \frac{L_m^2}{L_{2\delta} + L_m}}{R_{\Sigma}}$$

$p_{п}=1$ - число пар полюсов;

k_2 - коэффициент электромагнитной связи ротора $k_2 = \frac{L_m}{L_2}$;

$$R_{\Sigma} = R_1 + R_2' \cdot k_2 ;$$

$k_{ос}$ - коэффициент обратной связи по скорости $k_{ос} = \frac{U_{р\text{макс}} \cdot 9.55}{n_H}$;

J_{Σ} - суммарный момент инерции

$$J_{\Sigma} = J_{дв} + J_M = J_{дв} + \frac{1.5 \cdot J_{дв}}{i^2}$$

2.8 Синтез регулятора скорости на модульный оптимум

Разомкнутый контур скорости, настроенный на модульный оптимум, должен иметь следующую передаточную функцию:

$$W_{co}(\rho) = \frac{1}{2 \cdot T_{\mu c} \cdot \rho \cdot (T_{\mu c} \cdot \rho + 1)}$$

где $T_{\mu c} = T_{np}$

Передаточную функцию разомкнутого контура скорости приравняем к желаемому и решаем относительно передаточной функции регулятора скорости.

$$W_{pc}(p) = \frac{(T_{эл} \cdot p + 1) \cdot R_{\Sigma} \cdot 2 \cdot J_{\Sigma}}{k_{np} \cdot 3 \cdot p_{\Pi} \cdot k_2 \cdot k_{OC} \cdot 2 \cdot T_{\mu c}}$$

В данном случае получается пропорциональный регулятор с коэффициентом усиления

$$K_{pc} = \frac{R_{\Sigma} \cdot 2 \cdot J_{\Sigma}}{k_{np} \cdot 3 \cdot p_{\Pi} \cdot k_2 \cdot k_{OC} \cdot 2 \cdot T_{\mu c}} = \frac{22 \cdot 2 \cdot 0,003}{40 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 9,35 \cdot 0,34 \cdot 2 \cdot 0,0005} = 0,35$$

и фильтром на входе $(T_{эл} \cdot p + 1)$.

Синтез регулятора скорости на симметричный оптимум

Разомкнутый контур скорости, настроенный на симметричный оптимум, должен иметь следующую передаточную функцию [9]:

$$W_{co}(p) = \frac{4 \cdot T_{\mu c} \cdot p + 1}{8 \cdot T_{\mu c}^2 \cdot p^2 (T_{\mu c} \cdot p + 1)}$$

где $T_{\mu c} = T_{np}$;

Передаточная функция разомкнутого контура скорости с учетом суммарной малой постоянной времени определяется следующим уравнением [10]:

$$W_{разкс}(p) = W_{pc}(p) \cdot \frac{k_{np}}{T_{np} p + 1} \cdot \frac{1/R_{\Sigma}}{T_{эл} p + 1} \cdot \frac{3 \cdot p_{\Pi} \cdot k_2}{2} \cdot \frac{1}{J_{\Sigma} p} \cdot k_{OC}$$

Передаточную функцию разомкнутого контура скорости приравняем к желаемому и решаем относительно передаточной функции регулятора скорости.

$$W_{pc}(p) = \frac{4 \cdot T_{\mu c} \cdot p + 1}{8 \cdot T_{\mu c}^2 \cdot p} \cdot \frac{(T_{\varepsilon l} \cdot p + 1) \cdot R_{\Sigma} \cdot 2 \cdot J_{\Sigma}}{k_{np} \cdot 3 \cdot p_{II} \cdot k_2 \cdot k_{OC}} =$$

$$= \frac{(4 \cdot T_{\mu c} + T_{\varepsilon l}) \cdot p + 1}{(4 \cdot T_{\mu c} + T_{\varepsilon l}) \cdot p} \cdot \frac{R_{\Sigma} \cdot 2 \cdot J_{\Sigma} \cdot (4 \cdot T_{\mu c} + T_{\varepsilon l})}{8 \cdot T_{\mu c}^2 \cdot k_{np} \cdot 3 \cdot p_{II} \cdot k_2 \cdot k_{OC}}$$

где: $k_{pc} = \frac{R_{\Sigma} \cdot 2 \cdot J_{\Sigma} \cdot (4 \cdot T_{\mu c} + T_{\varepsilon l})}{8 \cdot T_{\mu c}^2 \cdot k_{np} \cdot 3 \cdot p_{II} \cdot k_2 \cdot k_{OC}}$ - коэффициент усиления регулятора

скорости;

$T_{pc} = (4 \cdot T_{\mu c} + T_{\varepsilon l})$ - постоянная времени интегрирования регулятора

скорости.

2.9. Оптимизация контура веса

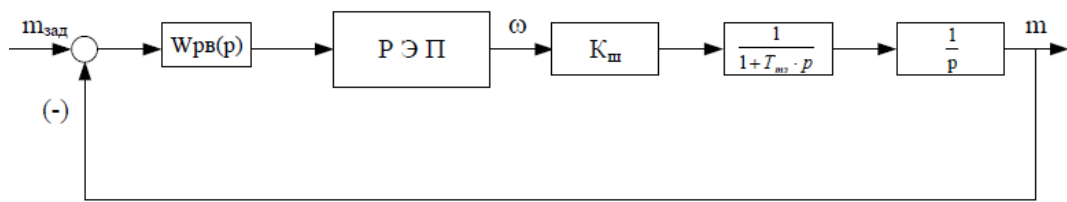


Рисунок 2.14.1 - Структурная схема линейризованного контура веса

На структурной схеме, изображенной на рисунке 2.14.1 приняты следующие обозначения:

$W_{рв}(p)$ – передаточная функция регулятора веса;

$K_{ш}$ – коэффициент передачи шнека;

$T_{тз}$ – постоянная времени транспортной задержки.

Синтез регулятора веса на модульный оптимум

Разомкнутый контур веса, настроенный на модульный оптимум, должен иметь следующую передаточную функцию:

$$W_{MO}(\rho) = \frac{1}{4 \cdot T_{\mu B} \cdot \rho (T_{\mu B} \cdot \rho + 1)}$$

где $T_{\mu B}$ – малая постоянная времени контура веса.

Принимаем малую некомпенсируемую постоянную контура веса равную величине транспортной задержки шнекового питателя $T_{\mu B} = T_{тз} = 0,33$ с.

Протекание процессов по контуру веса имеет медленный характер по сравнению с процессами регулируемого электропривода. Поэтому в данной автоматизированной системе регулируемый привод (частотный преобразователь) можно представить, как пропорциональное звено.

$$K_{PЭП} = \frac{\omega_{МАКС}}{U_{рв.макс}} = \frac{15,6}{10} = 1,56$$

Передаточная функция разомкнутого контура веса рассматриваемой системы определяется следующим образом:

$$W_{разкв}(\rho) = W_{рв}(\rho) \cdot K_{PЭП} \cdot \frac{k_{ш}}{\rho} \cdot \frac{1}{1 + T_{тз} \cdot \rho}$$

Передаточную функцию разомкнутого контура веса приравняем к желаемому и решаем относительно передаточной функции регулятора веса.

Приравняем $T_{тз} = T_{\mu B}$ и получаем:

$$W_{PB}(p) = \frac{(T_{T3} \cdot p + 1)}{k_{Ш} \cdot k_{РЭП} \cdot 4 \cdot T_{\mu B} \cdot (T_{\mu B} \cdot p + 1)} = \frac{1}{k_{Ш} \cdot k_{РЭП} \cdot 4 \cdot T_{\mu B}}$$

$$\text{Где } k_{PB} = \frac{1}{k_{Ш} \cdot k_{РЭП} \cdot 4 \cdot T_{\mu B}} = \frac{1}{0,0019 \cdot 1,56 \cdot 4 \cdot 0,33} = 255,1$$

Т.е., при настройке контура веса на модульный оптимум, получаем регулятор веса пропорционального типа с коэффициентом k_{PB} .

Синтез регулятора веса на симметричный оптимум

Разомкнутый контур веса, настроенный на симметричный оптимум, должен иметь следующую передаточную функцию:

$$W_{CO}(\rho) = \frac{4 \cdot T_{\mu B} \cdot \rho + 1}{8 \cdot T_{\mu B}^2 \cdot \rho^2 (T_{\mu B} \cdot \rho + 1)}$$

Передаточную функцию разомкнутого контура веса приравниваем к желаемому и решаем относительно передаточной функции регулятора веса.

$$W_{PB}(\rho) = \frac{4 \cdot T_{\mu B} \cdot \rho + 1}{4 \cdot T_{\mu B} \cdot \rho} \cdot \frac{1 \cdot (T_{T3} \cdot \rho + 1)}{k_{Ш} \cdot k_{РЭП} \cdot 2 \cdot T_{\mu B} \cdot (T_{\mu B} \cdot \rho + 1)}$$

Где

$$k_{PB} = \frac{1}{k_{Ш} \cdot k_{РЭП} \cdot 2 \cdot T_{\mu B}} = \frac{1}{0,0019 \cdot 1,56 \cdot 2 \cdot 0,33} = 510,2 - \text{коэффициент усиления регулятора веса}$$

$$T_{PB} = 4T_{\mu B} = 4 \cdot 0,33 = 1,32 - \text{постоянная времени регулятора веса}$$

Таким образом, при настройке контура веса на симметричный оптимум, получаем регулятор веса пропорционально - интегрального типа.

Имитационная модель автоматической системы дозирования сыпучих материалов представлена на рисунке 2.10.1

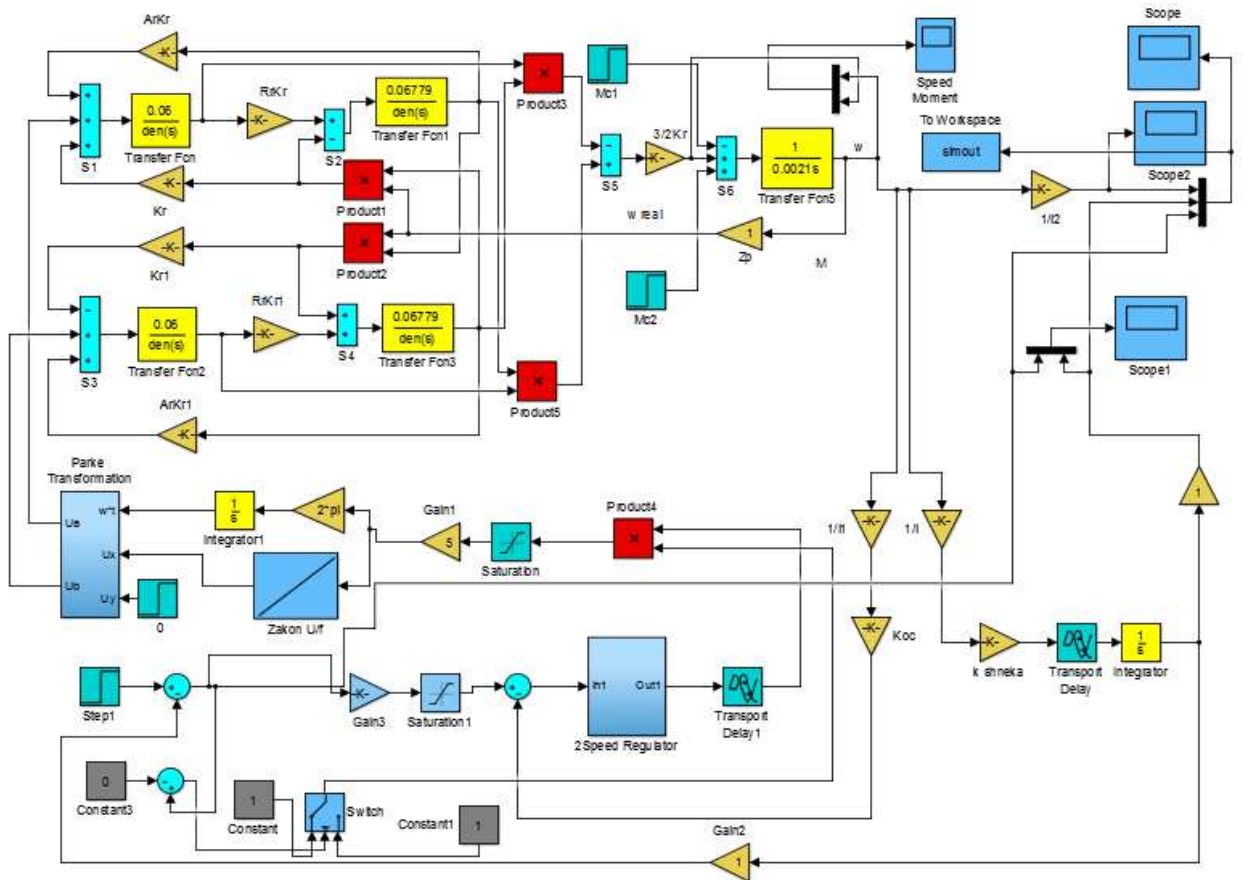


Рисунок 2.10.1 - Имитационная модель автоматизированной системы дозирования сыпучих материалов

Блок *ПКП* представляет собой прямой преобразователь координат из вращающихся в неподвижные (*Parke Transform*). Содержимое блока видно на рисунке 2.15.2. На вход идет подача напряжения во вращающейся системе координат UX , UY , которые представляют собой постоянные величины, а также ωt . На выходе блока происходит формирование синусоидальных напряжений, управляющих моделью асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в неподвижной системе координат.

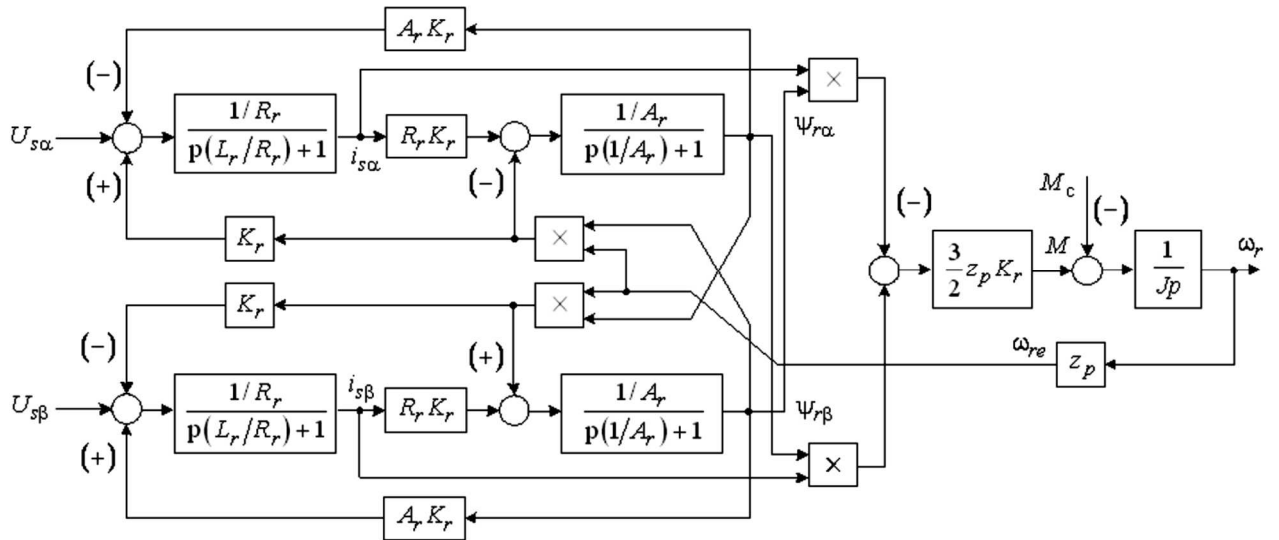


Рисунок 2.10.2 - Структурная схема имитационной модели АД при использовании неподвижной системы координат

На рисунке 2.10.2 представлена структурная схема имитационной модели АД, созданная на базе системы дифференциальных уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} p i_{s\alpha} = \frac{1}{L_e} (u_{s\alpha} - R_e i_{s\alpha} - K_r \omega_r z_p j \psi_{r\beta} + K_r A_r \psi_{r\alpha}), \\ p i_{s\beta} = \frac{1}{L_e} (u_{s\beta} - R_e i_{s\beta} - K_r \omega_r z_p j \psi_{r\alpha} + K_r A_r \psi_{r\beta}), \\ p \psi_{r\alpha} = R_r K_r i_{s\alpha} - A_r \psi_{r\alpha} + \omega_r z_p j \psi_{r\beta}, \\ p \psi_{r\beta} = R_r K_r i_{s\beta} - A_r \psi_{r\beta} + \omega_r z_p j \psi_{r\alpha}, \\ M = \frac{3}{2} z_p K_r (\psi_{r\alpha} \cdot i_{s\beta} - \psi_{r\beta} \cdot i_{s\alpha}), \\ p \omega_r = \frac{1}{J} (M - M_c). \end{array} \right.$$

где: $K_r = \frac{L_m}{L_r}$, $R_e = R_s + R_r \cdot K_r^2$, $L_e = L_s - \frac{L_m^2}{L_r}$, $A_r = \frac{R_r}{L_r}$.

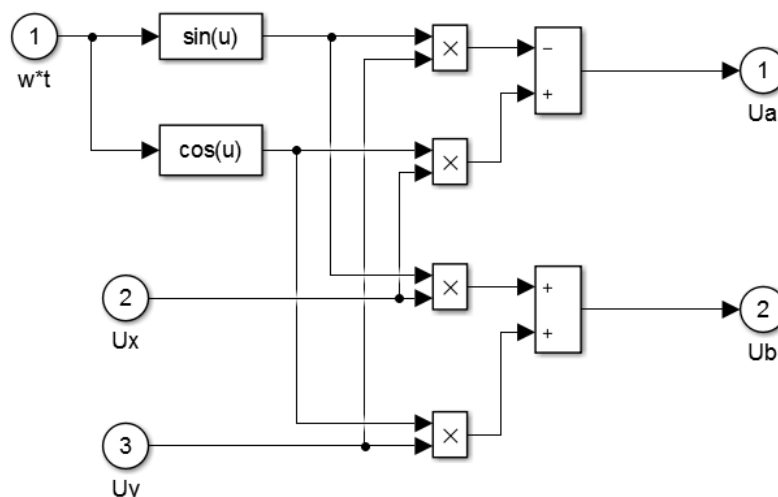


Рисунок 2.10.3- Прямой координатный преобразователь (*Parke Transform*)

Закон управления преобразователем частоты $U/f = \text{const}$ реализуется с помощью блока Lookup Table, где в окошке “Input values” задаются значения частоты, а в “Output values” значения напряжения. Нужно задавать линейную зависимость для соблюдения пропорции $U/f = \text{const}$.

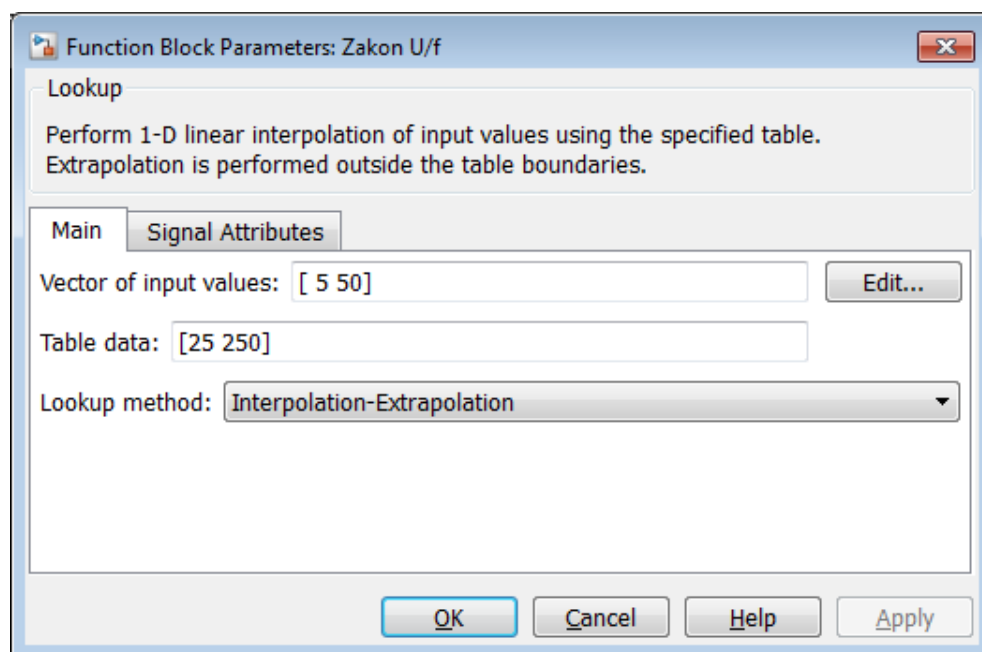


Рисунок 2.10.4 - Реализация закона $U/f = \text{const}$

При моделировании пропорционально - интегрального регулятора используется функция Subsystem, с содержимым, показанным на рисунке 2.15.5. Здесь индивидуально задаются значение коэффициента регулятора и $1/T_{рег}$.

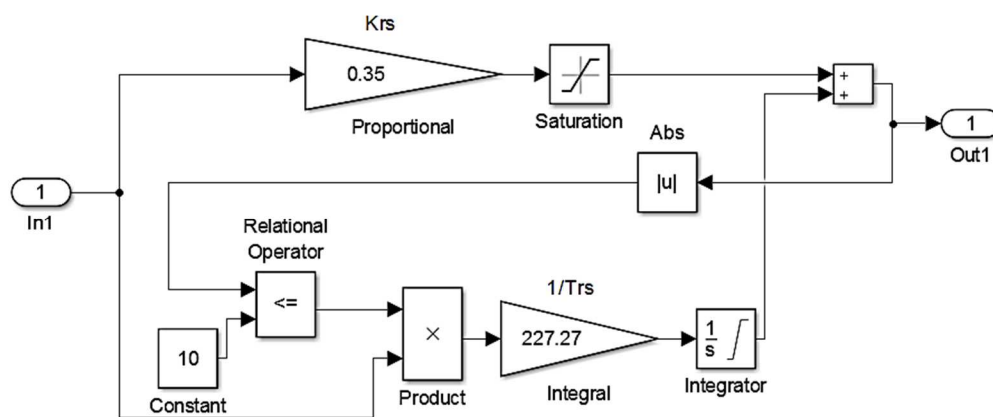


Рисунок 2.10.5 - Пропорционально-интегральный регулятор

При помощи имитационной модели автоматической системы дозирования сыпучих материалов (рисунок 2.10.1) изображены результаты дозирования 50, 10, 5, 1 кг материала.

Регулятор веса настроен на модульный оптимум.

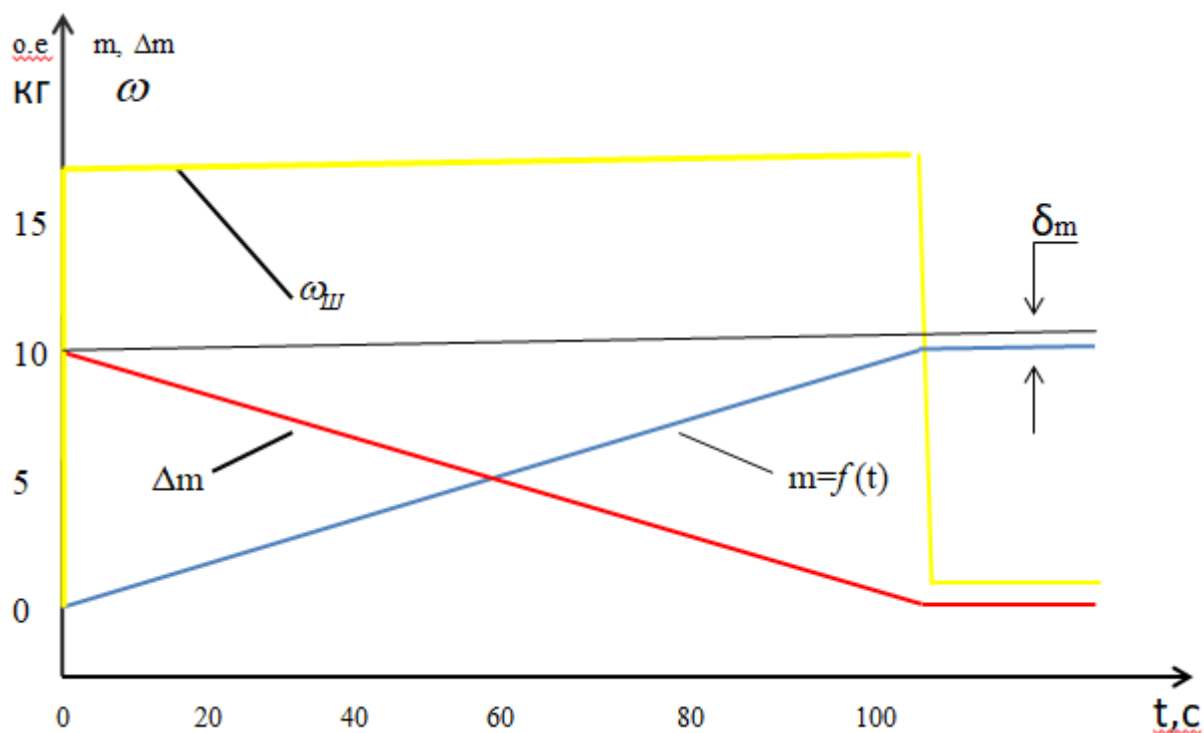


Рисунок 2.10.7- Результаты дозирования 10 кг материала с П- регулятором веса и ПИ-регулятором скорости

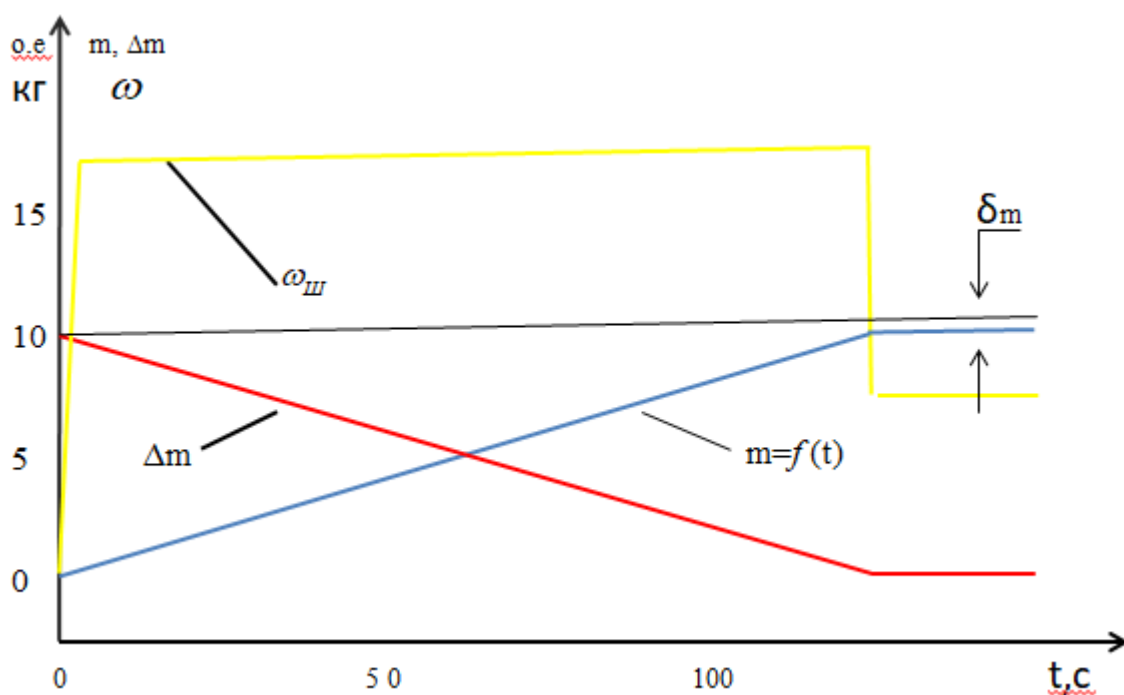


Рисунок 2.10.12- Результаты дозирования 10 кг материала с ПИ- регулятором веса и ПИ-регулятором скорости

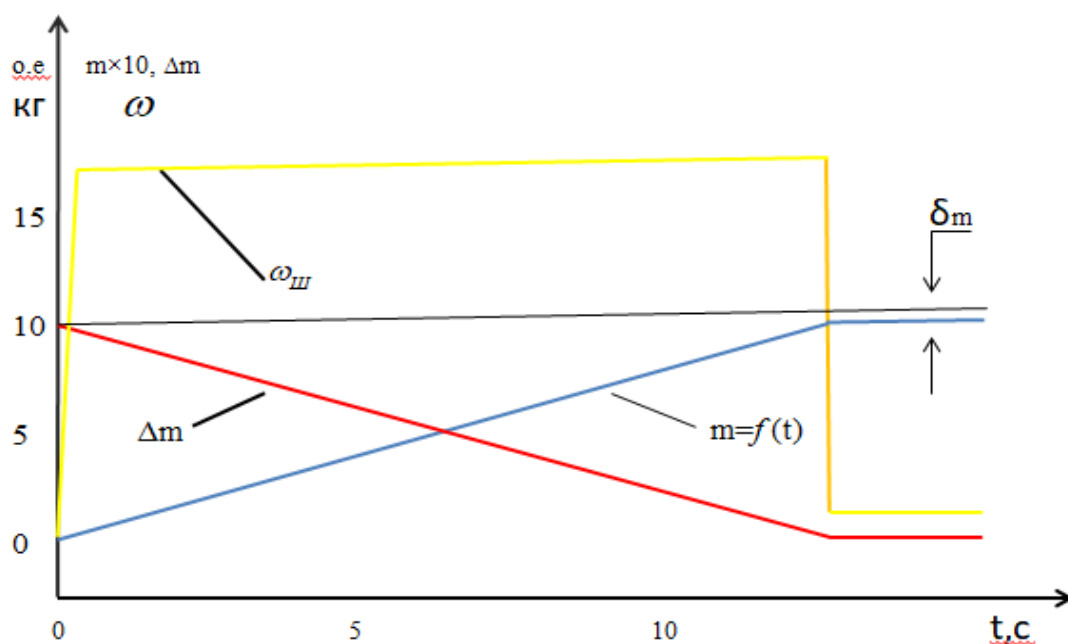


Рисунок 2.10.9- Результаты дозирования 1 кг материала с П- регулятором веса и ПИ-регулятором скорости

Далее настроим регулятор веса на симметричный оптимум и построим графики, отображающие результаты дозирования.

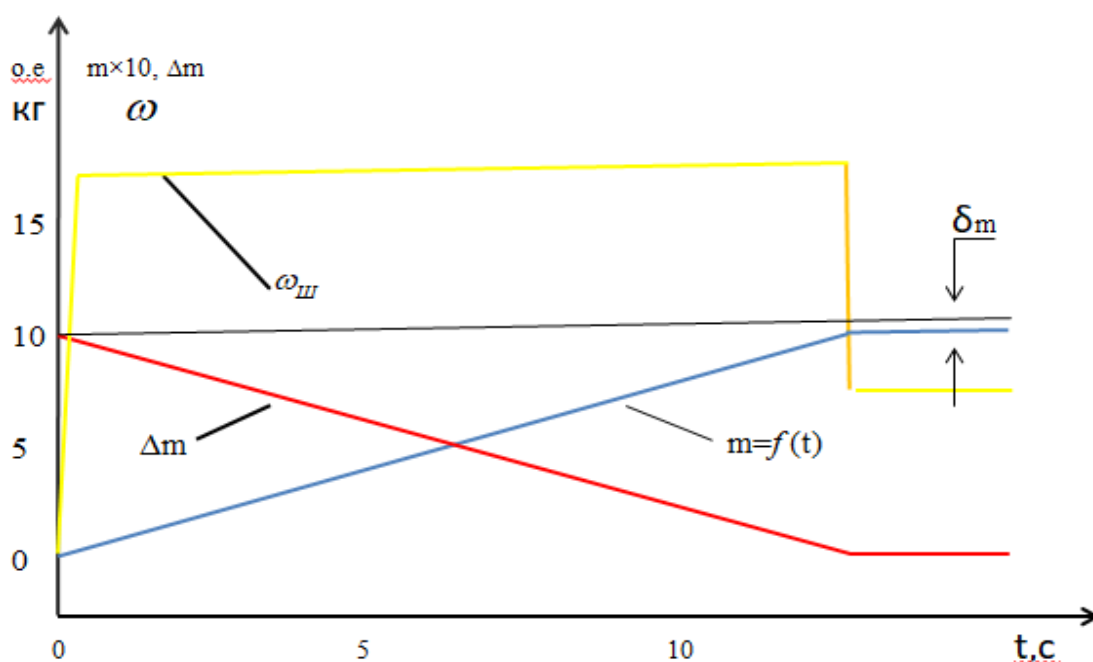


Рисунок 2.10.10- Результаты дозирования 1 кг материала с ПИ- регулятором веса и ПИ-регулятором скорости

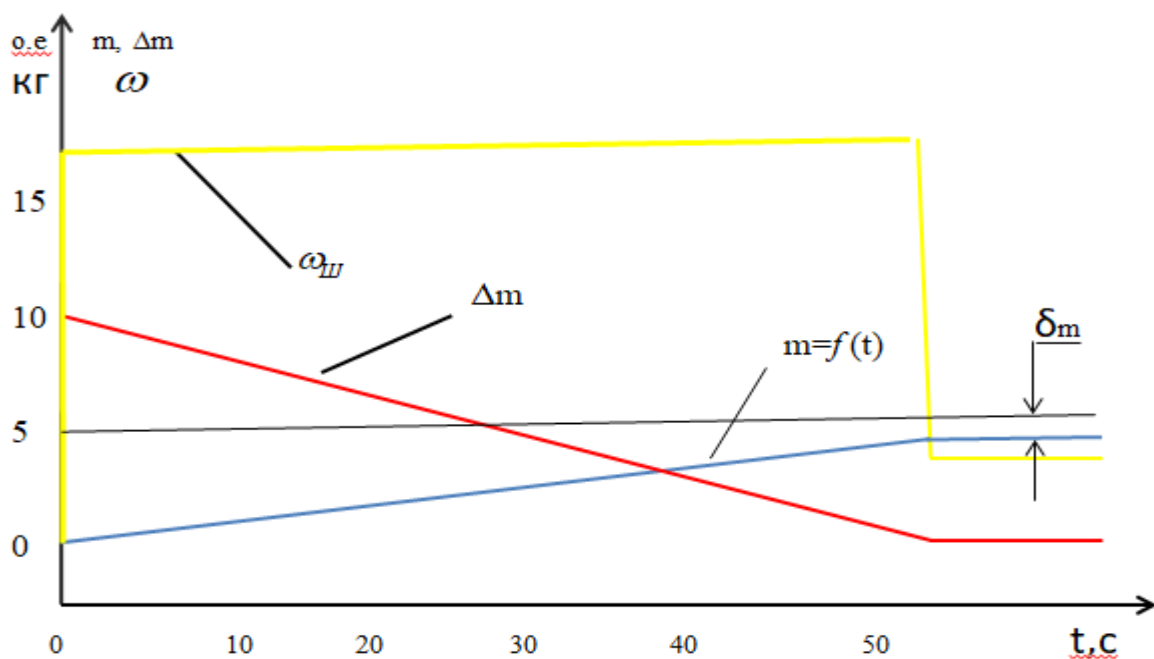


Рисунок 2.10.11- Результаты дозирования 5 кг материала с ПИ-регулятором веса и ПИ-регулятором скорости

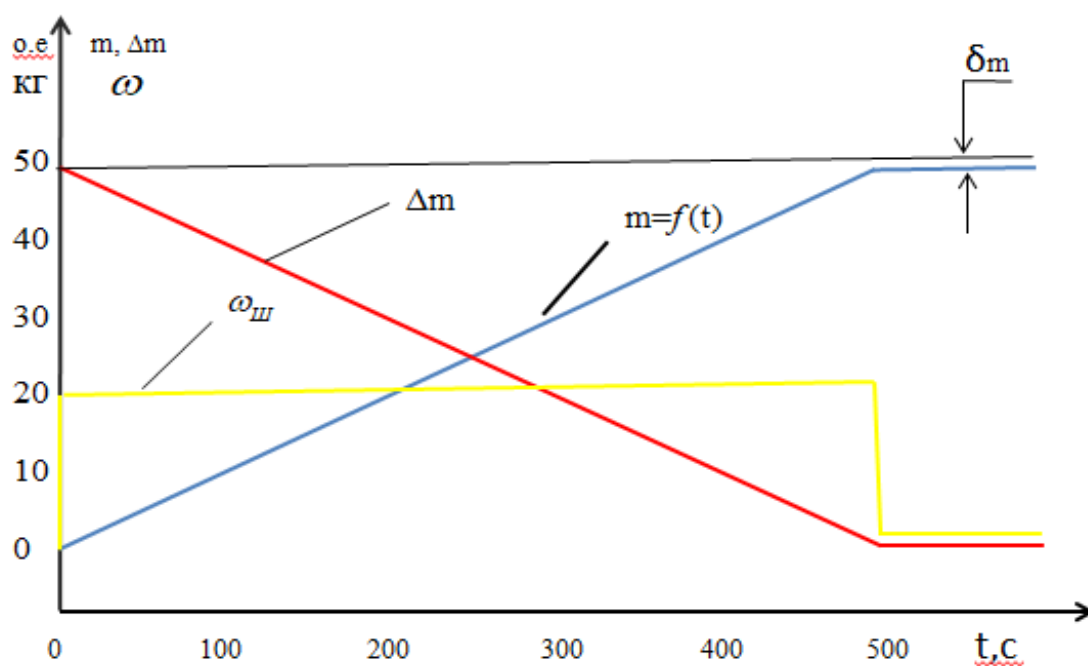


Рисунок 2.10.13- Результаты дозирования 50 кг материала с ПИ-регулятором веса и ПИ-регулятором скорости

2.11 Выбор электрооборудования автоматизированного комплекса дозирования сыпучих материалов

Для того, чтобы двигатели не подвергались воздействию токов короткого замыкания, токов перегрузки необходимо выполнить выбор автоматического выключателя(ABB). Произведем выбор АВВ по следующим параметрам:

5.1.Определим пусковой ток при помощи номинального тока двигателя:

$$I_{ПУСК} = 5 \cdot I_H = 5 \cdot 1,74 = 8,7 \text{ А}$$

5.2. Рассчитаем кратковременный ток:

$$I_{КР} = 1,25 \cdot I_{ПУСК} = 1,25 \cdot 8,7 = 10,875 \text{ А}$$

5.3 Ток электромагнитного расцепителя должен быть больше кратковременного тока:

$$I_{ЭМ} \geq I_{КР}$$

По время-токовой характеристике отключения выбираем уставку электромагнитного расцепителя равную 8, т.е.

$$I_{ЭМ} = 8 \cdot I_H$$

Проверка по току короткого замыкания:

$$I_{КЗ} \geq I_{ЭМ}$$

$$I_{КЗ} = 10 \cdot I_H = 10 \cdot 1,74 = 17,4 \text{ А}$$

По рассчитанным параметрам выбираем АВВ S203, трехфазный,16 А, тип С (рисунок 2.7.1)



Рисунок 2.11.1 - Автоматический воздушный выключатель S203

2.12 Выбор электромагнитного пускателя

Выбор пускового устройства будем осуществлять по паспортным и расчетным данным двигателя:

$$I_{НОМ} = 1,74 \text{ А}$$

$$I_{ПУСК} = 10,44 \text{ А}$$

$$i_{уд} = (1,2 \div 1,4) \cdot I_{ПУСК} \cdot \sqrt{2} = 17,54 \text{ А}$$

Следовательно, из каталога выбираем магнитный пускатель ПМЛ-1100 (рисунок 2.8.1), $I_{НОМ}=10\text{А}$, категории АС-3 для АД с короткозамкнутым ротором.



Рисунок 2.12.1 - Магнитный пускатель ПМЛ-1100

2.13 Модуль микроконтроллера RTU 188BS

Модуль микроконтроллера CPB900 (RTU188) выполнен в виде автономного устройства и предназначен для использования в системах управления, сбора данных, контроля и т.п. Модуль может работать в автономном или подчинённом режиме. Кроме того, CPB900 (RTU188) может быть подключен к сетям RS-232/422/485, что делает возможным использование микроконтроллера в распределенных системах.

Ниже представлен внешний вид данного модуля (рисунок 2.13.1)

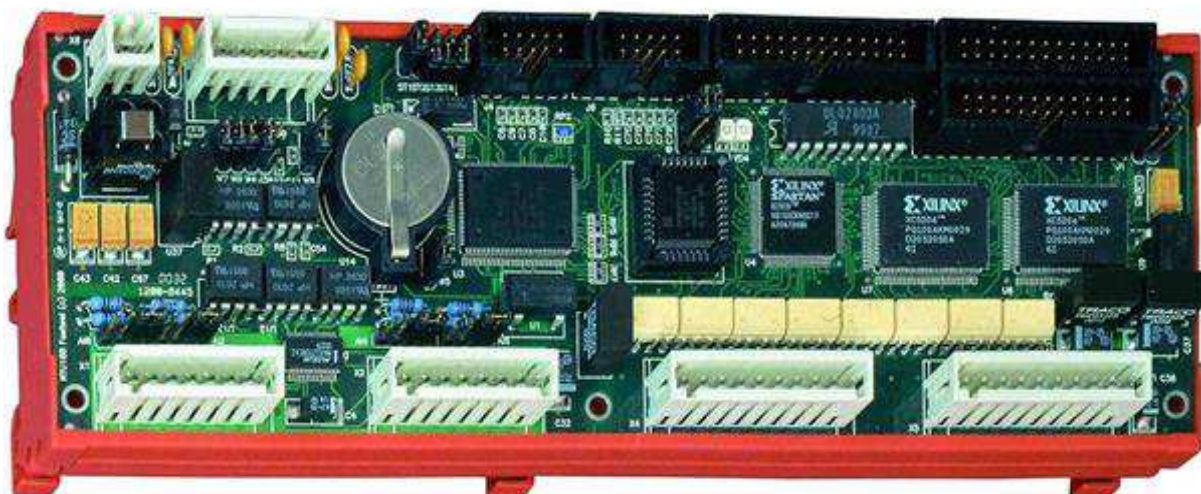


Рисунок 2.13.1 - Внешний вид модуля микроконтроллера RTU 188BS

Характеристики

- Процессор 188ES, 40 МГц
- Статическое ОЗУ (SRAM) 512 кбайт
- Флэш-диск 512 кбайт на плате
- 2 последовательных порта: COM1 – RS-232, COM2 – RS-232/422/485 с гальванической изоляцией
- Сторожевой таймер
- 8 каналов АЦП с разрешением 12 бит и гальванической изоляцией
- 16 каналов ввода дискретных сигналов до 24 В с поканальной гальванической изоляцией
- 16 каналов дискретного ввода-вывода ТТЛ, из них 7 — с возможностью коммутации до 24 В/300 мА
- Дополнительно 24 или 48 универсальных программируемых каналов типа UNIO-xx-5 с возможностью подключения внешних аналоговых или дискретных модулей гальванической развязки и нормализации
- Fastwel™ Software BIOS и DOS с быстрой загрузкой (1 с)
- Диапазон рабочих температур от –40 до +85°C
- Среднее время безотказной работы (MTBF) не менее 413000 часов

Составные части модуля RTU188-BS

Процессор Am188ES, частота 40 МГц, супервизор и сторожевой таймер. Модуль процессора, который имеет супервизор (микросхема, отслеживающая сбои напряжения питания) и сторожевой таймер.

Супервизор формирует аппаратный сигнал RESET при понижении питания ниже 4,6 В или при нажатии кнопки сброса.

Сторожевой таймер может использоваться в качестве устройства для исключения программных зависаний. Отклик таймера происходит при отсутствии программных подтверждений в течение примерно 1,6 с.

Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ). Модуль состоит из внутренней статической оперативной памяти размером 512 Кбайт.

Перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство (FDD). Для того, чтобы хранить коды программ и долговременную информацию в модуле имеется микросхема электрически перепрограммируемой памяти (далее FFD – Fastwel Flash Disk) размером 512 Кбайт с поддержкой файловой системы.

Часы реального времени RTC. RTU188-BS имеет часы реального времени, реализованные на микросхеме DS1307. Эта микросхема состоит из 56 доступных пользователю байт энергонезависимой статической памяти. Для питания микросхемы DS1307 предусмотрена встроенная литиевая батарея.

Последовательные порты. Микроконтроллер имеет 2 асинхронных последовательных порта.

Порт изолированного дискретного ввода. Микроконтроллер имеет 16 каналов оптоизолированного дискретного ввода. У всех каналов общая земля.

Порт изолированного аналогового ввода. Модуль RTU188-BS имеющий изолированный порт аналогового ввода и позволяющий измерять 8 аналоговых входов с точностью 12 бит в диапазонах 0...5, 0...10, +5, +10 В (диапазон устанавливается программно по любому каналу) или 0...20 мА.

Универсальный порт дискретного ввода-вывода RTU188-BS содержит 16 неизолированных каналов дискретного ввода-вывода. Уровни сигналов любого канала соответствуют уровням транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). Нагрузочная способность каждого канала 12 мА.

Порт расширения минимальной конфигурации UNIO48. Универсальный порт ввода-вывода UNIO48 совместим по выходным контактам и управлению с модулем UNIO48-5 фирмы Fastwel. Порт собран на программируемых логических микросхемах FPGA и служит для ввода-вывода 48 логических сигналов. Схема порта может меняться непосредственно в системе без отключения питания.

2.14 Модуль релейной коммутации TBR8

Назначение модуля релейной коммутации TBR8. Плата предназначена для коммутации силовых цепей переменного и постоянного тока с помощью электромагнитных реле. Она применяется в составе устройств и функциональных блоков, выполненных на базе микроконтроллеров, процессорных и периферийных модулей фирм Octagon Systems и Fastwel. Плата имеет восемь нормально разомкнутых однополюсных (SPST) каналов, которые обеспечивают возможность коммутации цепей при токе нагрузки до 10 А при 270 В переменного тока и/или 30 В постоянного тока. Управление каналами релейной коммутации осуществляется выходами портов дискретного ввода-вывода общего назначения, имеющими уровни ТТЛ или КМОП.

При подключении платы к портам дискретного ввода-вывода, выполненных на базе микросхем, функционально совместимых с адаптерами параллельного интерфейса 82C55 (580BB55), 16 линий порта, которые не задействованы для управления каналами релейной коммутации, могут использоваться для работы с другими устройствами через дополнительный 26-контактный соединитель, входящий в состав платы.

Технические данные модуля релейной коммутации TBR8
Количество каналов релейной коммутации – 8. Тип контактных групп реле – нормально разомкнутые однополюсные (SPST-NO).

Параметры коммутируемой нагрузки:

- 1) 270 В при 10 А переменного тока частотой 50 Гц.
- 2) 30 В при 10 А постоянного тока.
- 3) Номинальное время срабатывания реле 8 мс.
- 4) Номинальное время отпускания реле 5 мс.
- 5) Сопротивление замкнутых контактов реле не более 50 мОм.
- 6) Напряжение пробоя изоляции между катушкой управления и коммутируемыми цепями не менее 2500 В.

Параметры варисторной защиты выходных цепей от перенапряжения:

- максимальное рабочее напряжение варистора – 400 В переменного тока;
- классификационное напряжение варистора – 610 В при постоянном токе 1 мА;
- максимальный пиковый ток варистора 1200 А при длительности импульса не более 20 мкс.

Тип индикации состояния реле – светодиодная индикация состояния цепей управления реле.

Требования по питанию:

1. Напряжение питания цепей управления реле – 24 В постоянного

тока с допустимым отклонением $\pm 10\%$ при потребляемом токе не более 300 мА;

2. Напряжение питания логических цепей платы – 5 В постоянного тока с допустимым отклонением $\pm 5\%$ при потребляемом токе не более 20 мА.

Устройство и работа платы

Структурная схема платы TBR8 приведена на рисунке 2.14.1

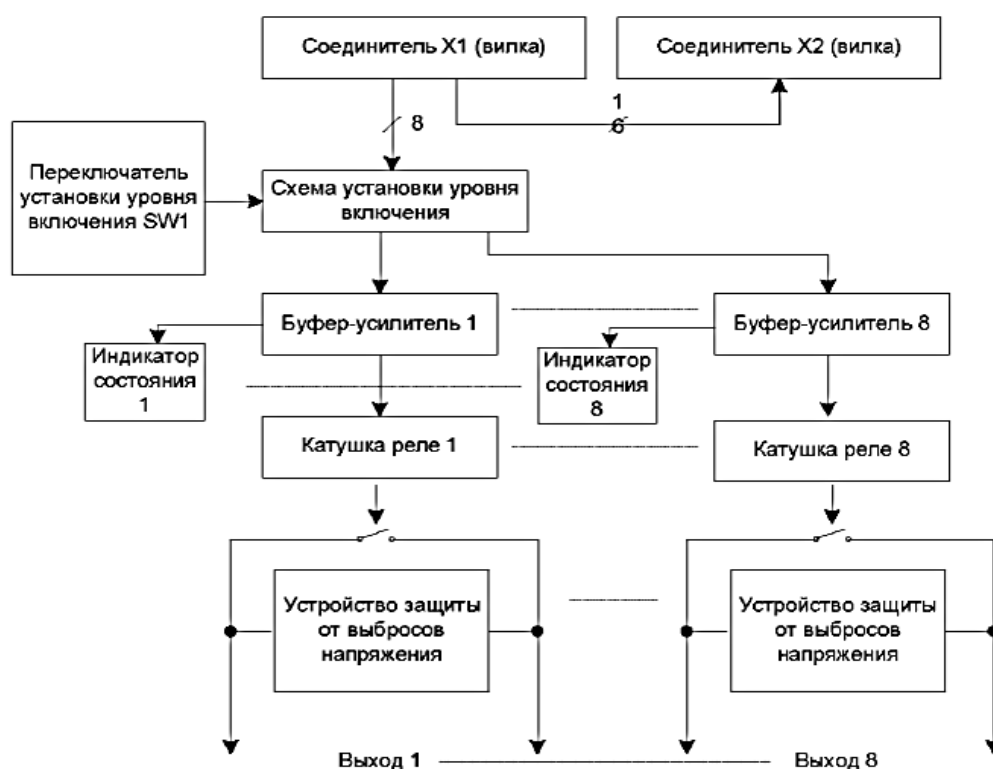


Рисунок 2.14.1 - Структурная схема платы TBR8

Соединение платы с 24-канальным портом дискретного ввода-вывода реализуется через 26-контактный соединитель X1 соединительным кабелем FC-26. Для того, чтобы управлять 8 каналами релейной коммутации платы используются 8 каналов порта, которые настроены на вывод. Остальные 16 каналов порта выведены в 26-канальный соединитель X2. Если для управления платой применяется порт дискретного ввода-вывода, который совместим с адаптером параллельного интерфейса 82C55 (580VB55), то включение/выключение каналов релейной коммутации платы осуществляется линиями группы С порта дискретного ввода-вывода. Сигналы управления каналами релейной коммутации, которые имеют уровни ТТЛ, приходят на схему установки уровня включения, которая состоит из восьми элементов ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ. Если при этом переключатель SW1 находится в закрытом состоянии, то включение каналов релейной коммутации (замыкание контактных групп реле)

осуществляется сигналом с уровнем логической 1. Если переключатель SW1 в разомкнутом положении, то включение канала релейной коммутации сопровождается уровнем логического 0.

Выходы схемы установки уровня включения соединены с буферами-усилителями, выполненные на основе полупроводниковых ключей с повышенной нагрузочной способностью в интегральном исполнении и предназначенные для управления катушками реле.

Индикаторы состояния каналов релейной коммутации включены параллельно катушкам реле. При включении канала релейной коммутации осуществляется включение соответствующего светодиодного индикатора состояния.

Параллельно с контактной группой реле включено устройство защиты от кратковременных выбросов напряжения, происходящих при коммутации контактной группой высокоиндуктивных нагрузок и снижают ресурс контактной группы.

Электрическое питание платы

Электрическое питание логических цепей платы напряжением 5 В осуществляется от модуля дискретного ввода-вывода, который управляет платой, через 26-контактный соединитель X1.

Если напряжение 5 В подано на плату то это сопровождается свечением светодиодного индикатора «+5V». Ток, потребляемый платой по цепи 5 В, составляет не более 20 мА. Электрическое питание катушек реле осуществляется напряжением $(24,0 \pm 2,4)$ В внешнего источника питания.

Присоединение положительного полюса внешнего источника питания 24 В производится к одному из клеммных соединителей «+24V». Общий провод присоединяется к одному из клеммных соединителей «GND». Наличие напряжения 24 В, которое подано на плату, отражается свечением светодиодного индикатора «+24V».

Ток, который потребляет плата по цепи 24 В, получается не более 300 мА. Допустимая площадь сечения провода не более 2,5 мм².

Местоположение соединителей показано на рисунке 2.14.2

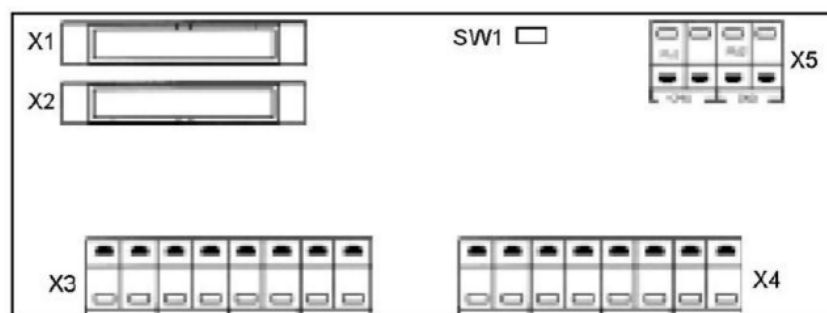


Рисунок 2.14.2 - Расположение соединителей на панели релейной коммутации TBR8

Настройка модуля релейной коммутации

Переключателем W1 устанавливается уровень сигнала, при котором срабатывают реле. Если переключатель W1 находится в замкнутом положении, реле срабатывают при низком логическом уровне управляющего сигнала; если переключатель разомкнут, то реле срабатывают при высоком логическом уровне управляющего сигнала.

Входные сигналы управления состоянием реле подаются на контакты соединителя X1 платы. Сигналы управления имеют уровень ТТЛ или КМОП-логики, и обладать нагрузочной способностью не менее 2 мА.

Назначение и нумерация контактов соединителя X1 платы соответствуют принятым в модулях ввода-вывода фирм Octagon Systems и Fastwel. Плата TBR8 использует 8 линий порта С адаптера параллельного интерфейса

82C55 (580BB55). Неиспользуемые 16 линий портов В и А транслируются на

линии портов С и В соответственно в соединителе X2.

Соединитель X2 используется для подключения дополнительных терминальных плат к неиспользуемой платой TBR8 каналам ввода-вывода.

Подключение нагрузки должно производиться к клеммам соединителей X3, X4. Допустимая площадь сечения провода не более 2,5 мм². Тип соединителей X3, X4 – пружинный контакт 256502 фирмы WAGO.

2.15 Тензодатчик серии С

Датчик состоит из упругого элемента Z-образной формы, штуцера для ввода кабеля, тензорезисторов на клеевой основе, соединенных по мостовой схеме, и элементов термокомпенсации и нормирования. Место наклейки тензорезисторов и расположения элементов термокомпенсации и нормирования загерметизировано и закрыто пластиной, крепящейся к упругому элементу двумя винтами для защиты от механических напряжений.

Измеряемое усилие, действуя через силовводящий узел на упругий элемент датчика, вызывает появление деформации в местах наклейки фольговых тензорезисторов. На диагональ питания подается питающее напряжение, с диагонали измерения снимается выходное напряжение. Деформация вызывает изменение сопротивлений тензорезисторов, преобразуемое мостовой электрической схемой в коэффициент передачи датчика (отношение изменения напряжения на диагонали измерения к напряжению питания), пропорциональный измеряемому усилию

3. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. В данном случае сегментирование целесообразно провести по критерию точности, т.к. как для разных типов режимов работы, требуется разная величина подачи материала в установку соответствующей мощности.

А также следует выделить сегменты рынка:

- по разработке, проектированию и производству;
- по установке и пуско-наладке;
- по дальнейшему обслуживанию и ремонту.

Исходя из сегмента рынка, будет произведено сегментирование коммерческих организаций по отраслям. Сегментирование приведено в таблице 3.1.1

Таблица 3.1.1- Карта сегментирования рынка разработок для ЭП

	Автоматизированная система дозирования сыпучих материалов	Автоматическая система дозирования сыпучих материалов	Ручная система дозирования сыпучих материалов
Проектирование и производство			
Установка и пуско-наладка			
Обслуживание и ремонт			

Фирма А



Фирма В



Результаты сегментирования:

- Основными сегментами рынка являются все виды деятельности для автоматической и автоматизированной системы дозирования сыпучих материалов
- Наиболее сильно предприятие должно быть ориентировано на сегменты рынка связанные с проектированием и производством, установкой и пуско-наладкой автоматизированной системой дозирования сыпучих материалов;
- Наиболее привлекательными сегментами рынка являются отрасли, связанные с проектированием и производством, установкой и пуско-наладкой автоматизированной системой дозирования сыпучих материалов;

3.2 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:

- влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- перспективы конструирования и производства;
- финансовая эффективность.
- правовая защищенность и др.

2) Показатели оценки качества разработки:

- динамический диапазон;
- вес;
- ремонтпригодность;
- энергоэффективность;
- долговечность;
- унифицированность;
- уровень материалоемкости разработки и др.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QuaD оценка проводится в табличной форме (таблица 3.2.1).

Таблица 3.2.1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)x100
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,07	95	100	0,95	6,65
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,12	87	100	0,87	10,44
3. Помехоустойчивость	0,03	90	100	0,9	2,7
4. Энергоэкономичность	0,11	90	100	0,9	9,9
5. Надежность	0,06	97	100	0,97	5,82
6. Безопасность	0,01	80	100	0,8	2,4
7. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,04	85	100	0,85	3,4
8. Простота эксплуатации	0,04	98	100	0,98	3,92
9. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	96	100	0,96	4,8
10. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,06	100	100	1	6
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
1. Конкурентоспособность продукта	0,04	90	100	0,9	3,6
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	70	100	0,7	2,8

3. Цена	0,1	65	100	0,65	6,5
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	95	100	0,95	6,65
5. Послепродажное обслуживание	0,03	90	100	0,9	2,7
6. Финансирование научной разработки	0,05	78	100	0,78	3,9
7. Срок выхода на рынок	0,03	71	100	0,71	2,13
8. Наличие сертификации разработки	0,04	80	100	0,8	3,2
Итого	1				91,41

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i = 0,07 \cdot 95 + 0,12 \cdot 87 + \dots + 0,04 \cdot 80 = 91,41$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение P_{cp} получилось равным 91,41, что говорит о том, что данная разработка является перспективной.

3.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представляем в табличной форме (таблица 3.2.1).

Таблица 3.3.1 Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Экологичность технологии. С3.Повышение производительности труда. С4. Квалифицированный персонал. ...	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой Сл2. Большой срок выхода на рынок Сл3. Высокая стоимость основного электрооборудования
Возможности: В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2.Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Снижение стоимости на электроэнергию и материалы, используемые при научных исследований В4. Повышение стоимости конкурентных разработок В5. Развитие технологий в данной отрасли	В2В3В4С1С6С7С9 В1С2С4С6С7С8 В4С1С4С5С6С7С8 В5С1С2С3С4С5С6С7С8	В5Сл1
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Развитая конкуренция технологий производства У3.Экономическая ситуация в стране, влияющая на спрос. У4. Появление новых конкурентных разработок.	У1С4 У3С1С2С3С5 У2С8 У4С4	У1Сл1 У2Сл3 У3Сл1Сл2Сл3 У4Сл1Сл3

Описание сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта, его возможностей и угроз должно происходить на основе результатов анализа, проведенного в предыдущих разделах бакалаврской работы. После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными

комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Полученная интерактивная матрицы проекта представлена в таблице 3.2.2.

Таблица 3.3.2 Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта									
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	B1	0	+	0	0	+	0	+	+
	B2	+	+	+	+	-	+	+	+
	B3	+	-	+	+	-	+	+	0
	B4	+	-	-	0	+	+	+	+
	B5	+	0	+	+	+	+	+	+

Результаты анализа таблицы:

B2B3B4C1C5C6C8

B1C2C4C6C7C8

B4C1C4C5C6C7C8

B5C1C3C4C5C6C7C8

Продолжение таблицы 3.3.2.

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	-	-	-
	B2	-	-	-
	B3	-	-	-
	B4	-	-	0
	B5	+	0	+

Результаты анализа таблицы:

B5Сл1Сл3

Продолжение таблицы 3.3.2.

Сильные стороны проекта									
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	У1	-	-	-	+	-	-	-	-

	У2	0	0	-	-	-	-	-	+
	У3	+	0	+	-	+	0	0	0
	У4	-	-	0	-	-	-	-	-
	У5	0	-	-	+	-	-	-	-

Результаты анализа таблицы:

У3С1С3С5

У2С8

У5С4

Окончание таблицы 3.3.2.

Слабые стороны проекта				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	0	0
	У2	-	0	+
	У3	+	+	+
	У4	+	-	+
	У5	+	0	+

Результаты анализа таблицы:

У1Сл1

У2Сл3

У3Сл1Сл2Сл3

У4У5Сл1Сл3

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 3.2.3).

Таблица 3.3.3 Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Экологичность технологии. С3.Повышение производительности труда. С4. Квалифицированный персонал. ...	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой Сл2. Большой срок выхода на рынок Сл3. Высокая стоимость основного электрооборудования
Возможности: В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	В2В3В4С1С6С7С9 В1С2С4С6С7С8 В4С1С4С5С6С7С8	В5Сл1

В2.Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Снижение стоимости на электроэнергию и материалы, используемые при научных исследованиях В4. Повышение стоимости конкурентных разработок В5. Развитие технологий в данной отрасли	B5C1C2C3C4C5C6C7C8	
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4.Экономическая ситуация в стране, влияющая на спрос. У5. Появление новых конкурентных разработок.	У1С4 У3С1С2С3С5 У2С8 У5С4	У1Сл1 У2Сл3 У3Сл1Сл2Сл3 У4У5Сл1Сл3

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

3.4 Планирование научно-исследовательских работ

3.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Составляем перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проводим распределение исполнителей по видам работ. Результат представлен в таблице 3.4.1.

Таблица 3.4.1 Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП	Инженер совместно с руководителем
	6	Расчет параметров двигателя и модели	Инженер
	7	Выбор способа регулирования скорости	Инженер совместно с руководителем
	8	Расчет предельных характеристик системы «преобразователь–электродвигатель»	Инженер
	9	Разработка математической модели системы АУ ЭП	Инженер совместно с руководителем
	10	Оптимизация САР электропривода	Инженер
	11	Разработка программы имитационного моделирования	Инженер
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель

3.5 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож}$ используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (1)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\text{min}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

3.6 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;
 T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу (таблица 3.6.1).

Пример расчета (составление и утверждение технического задания):

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \approx 2 \text{ чел-дней};$$

$$T_p = \frac{t_{\text{ож}}}{\text{Ч}} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня};$$

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 116 - 14} = 1,553;$$

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,553 = 3,106 \approx 4 \text{ дня}.$$

Таблица 3.6.1 Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительнос ть работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожi}$, чел-дни				
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер			

Составление и утверждение технического задания	1		2		2		2		4	
Подбор и изучение материалов по теме		5		8		7		7		11
Описание объекта автоматизации (модернизации)		3		4		4		4		7
Календарное планирование работ по теме	3		5		4		4		7	
Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП		4		9		6		6		10
Расчет параметров двигателя и модели		4		6		5		5		8
Выбор способа регулирования скорости		2		4		8		8		12
Расчет предельных характеристик системы «преобразователь–электродвигатель»		2		4		3		3		5
Разработка математической модели системы АУ ЭП	3		6		5		5		8	
Оптимизация САР электропривода		4		8		6		6		10
Разработка программы имитационного моделирования		5		8		7		7		11
Оценка эффективности полученных результатов	2		3		3		3		5	
Технико-экономические расчеты		3		7		5		5		8
Вопросы безопасности и экологичности проекта		3		7		5		5		8
Составление пояснительной записки		1		3		2		2		4

Опираясь на данные таблицы 3.6.2, строим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяем различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 3.6.2 Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ ра бо т	Вид работ	Исполн ители	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				фев.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11														
3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Инженер	7														
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	7														
5	Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП	Инженер	10														
6	Расчет параметров двигателя и модели	Инженер	8														
7	Выбор способа регулирования скорости	Инженер	12														
8	Расчет предельных характ. системы «преобр.– электродвиг.»	Инженер	5														
9	Разработка математической модели системы АУ ЭП	Руководитель	3														
10	Оптимизация САР электропривода	Инженер	10														
11	Разработка программы имитационного моделирования	Инженер	11														
12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	2														
13	Технико-экономические расчеты	Инженер	8														

Таблица 3.8.1 Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.- дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4	2880,6	11522,4
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11	1523	16753
3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Инженер	7	1523	10661
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	7	2351	16457
5	Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП	Инженер	10	1523	15230
6	Расчет параметров двигателя и модели	Инженер	8	1523	12184
7	Выбор способа регулирования скорости	Инженер	12	1523	18276
8	Расчет предельных характ. системы «преобр.– электродвиг.»	Инженер	5	1523	7615
9	Разработка математической модели системы АУ ЭП	Руководитель	3	2351	7053
10	Оптимизация САР электропривода	Инженер	10	1523	15230
11	Разработка программы имитационного моделирования	Инженер	11	1523	16753
12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	2	2351	4702

13	Технико-экономические расчеты	Инженер	8	1523	12184
14	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер	8	1523	12184
15	Составление пояснительной записки	Инженер	4	1523	6092
Итого:					180778

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (8)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (9)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 8);

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{65644,8 \cdot 10,4}{237} = 2880,6 \text{ руб.},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 3.8.2).

Таблица 3.8.2 Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	237	237

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 33664 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 65644,8 \text{ руб}$$

где $З_{\text{ТС}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{ТС}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $З_{\text{ТС}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата $З_{\text{ТС}}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{\text{с1}} = 600$ руб. на тарифный коэффициент $k_{\text{т}}$ и учитывается по единой для бюджетных организаций тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в табл.11.

Таблица 3.8.3 Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{ТС}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, Руб	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	33664.8	0,3	0,2	1,3	65644	2880,6	16	46090
Инженер	17808	0,3	0,2	1,3	34725	1523	95	144685
Итого $З_{\text{осн}}$								190775

3.9 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,12 \cdot 46090 = 5530 \text{ руб}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

3.9.1 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,271 \cdot (46090 + 5530) = 18020 \text{ руб}$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2018 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2018 году водится пониженная ставка – 27,1%

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представляем в табличной форме (таблица 3.9.1).

Таблица 3.9.1. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	46090	5530
Инженер	144685	17362
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Руководитель	11417	
Инженер	43914	

3.10 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16 = \\ = (182301 + 21876 + 55331) = 41521$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

3.11 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 3.11.1.

Таблица 3.11.1 Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	182301	Пункт
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	21876	Пункт
3. Исчисления во внебюджетные фонды	55631	Пункт
4. Накладные расходы	41521	16 % от суммы ст.
5. Бюджет затрат НТИ	301329	Сумма ст.

3.13 Определение ресурсоэффективности проекта

Финансовую эффективность проекта можно оценить при помощи интегрального финансового показателя:

$$I_{\text{фин}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где:

$I_{\text{фин}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Расчёт интегрального финансового показателя проводим в виде табличной формы.

Таблица 3.12.1 – Расчёт интегрального финансового показателя конкурентных технических решений

Вариант схемы	Φ_{max} , руб.	Φ_{pi} , руб.	$I_{\text{фин}}^{\text{исп.}i}$, о.е.
1	43115,6	43115,6	1
2		32850	0,76
3		30600	0,709

Величина интегрального финансового показателя разработки схемы 3 (Ручная система дозирования сыпучих материалов) отражает соответствующее численное удешевление стоимости системы при одинаковой мощности. Схема 3 имеет наименьший интегральный показатель среди трёх конкурентных технических решений, и,

следовательно, вариант схемы является наиболее финансово эффективным, что является определяющим критерием.

Определение ресурсоэффективности проекта схемы 3 можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности схем проводим в виде табличной формы.

Таблица 3.12.2 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Ручная система дозирования сыпучих материалов	Автоматическая система дозирования сыпучих материалов	Автоматизированная система дозирования сыпучих материалов
1. Безопасность	0,25	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,10	3	5	5
3. Помехоустойчивость	0,10	4	4	4
4. Энергосбережение	0,15	4	4	5
5. Надёжность	0,25	5	5	4
6. Материалоёмкость	0,15	4	4	5
Итого:	1,00	4,1	4,5	4,65

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,65.$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение, что говорит об эффективности использования технического проекта.

Таким образом, применение автоматизированной системы дозирования сыпучих материалов является эффективным.

4.1 Производственная безопасность

4.1.1 Комплексный анализ опасных и вредных факторов труда

В процессе работы человек вступает во взаимодействие с предметами труда, орудиями труда, другими людьми. Также на него воздействуют параметры окружающей среды рабочей обстановки. От условий труда зависит отношение человека к труду и, естественно, результаты труда. При плохих условиях труда резко снижается работоспособность, соответственно повышается процент профессиональных заболеваний и травм. Под условиями труда подразумевается совокупность факторов производственной среды, оказывающих влияние на здоровье и производительность труда человека в процессе труда [19].

Рабочее помещение должно соответствовать количеству работающих и размещенному в них комплексу технических средств. Общие рабочие компоненты должны иметь естественное освещение, в сочетании с искусственным освещением в темное время суток. Окраска помещений существенно влияет на нервную систему человека, его настроение. Поэтому, необходимо окрашивать помещение в соответствии с цветом технических средств. Кроме этого выбор цвета определяется освещенностью помещения, чем выше отражение света стенами и оборудованием, тем выше освещенность.

Элементы условий труда, выступающих в роли опасных и вредных производственных факторов, можно разделить на четыре группы [17]:

- физические;
- химические;
- биологические;
- психофизиологические.

На здоровье персонала котельной оказывают два вида факторов: физический и психофизиологический.

К группе физически опасных факторов производства относится опасность поражения электрическим током.

К группе физических вредных факторов относятся: неблагоприятные климатические условия, шум и вибрация, электромагнитное поле, освещенность, возможная загазованность.

К вредным психофизическим производственным факторам относятся: статические, динамические и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, утомление, эмоциональные перегрузки).

Большое значение в процессе труда имеет организация рабочего места.

4.1.2 Производственная санитария

Рабочим местом является зона приложения труда определенного работника или группы работников. При организации рабочего места необходимо учитывать требования безопасности, промышленной санитарии, эргономики, технической эстетики. Невыполнение этих требований может привести к получению работником производственной травмы. При планировании промышленных помещений необходимо соблюдать нормы полезной площади для работающих, а также объем промышленного помещения.

Автоматическая система управления техпроцессом дозирования работает в помещении, которое относится к третьему классу, без повышенной опасности, сухое не запылённое имеет следующие размеры.

- длина помещения – 9м,
- ширина помещения – 6м,
- высота помещения – 4м.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура воздуха в помещении, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха. Эти параметры в комплексе и по отдельности влияют на организм человека. В

цехе во все периоды года поддерживается одна температура и относительная влажность (таблица 13).

Метеорологические условия – оптимальная и допустимая температура, относительная влажность и скорость движения воздуха – устанавливаются для рабочей зоны производственных помещений в соответствии с требованиями [19], исходя из категорий тяжести выполняемой работы, величины избытков явного тепла и периода года.

По степени физической тяжести работа персонала относится к категории тяжелых работ. Основные нагрузки на организм – физические, нервно-психологические, а также зрительные. В основном все метеорологические параметры цеха удовлетворяют требуемым нормам (таблица 14).

На производительность труда и состояние здоровья человека оказывает влияние состояние воздуха и метеоусловий рабочей зоны, которые характеризуются рядом параметров.

Содержание пыли в воздухе рабочего помещения ниже установленной нормы [16], по которой предельно-допустимая концентрация составляет более 10мг/м³.

Одновременно в рабочем помещении находится в среднем 3 человека, вентиляция в помещении искусственная: приточка и вытяжка. Для поддержания в рабочем помещении в холодное время года температуры воздуха 22 – 24°С используют систему отопления на трубчатых, самоварных регистрах.

Таблица 14 – Допустимые и оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах котельной

Период года	Категория работ	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
Холодный	Тяжелая -III	16-18	13-19	40 -60	<75	< 0,3	< 0,5
Теплый		22-24	15-26		<75 (при 24°С)	< 0,4	0,2-0,6

Недостаточное освещение рабочего места и помещения является вредным фактором для здоровья человека, вызывающим ухудшение зрения. Неудовлетворительное освещение может, кроме того, являться причиной травматизма. Неправильная эксплуатация, так же, как и ошибки, допущенные при проектировании и устройстве осветительных установок, могут привести к пожару, несчастным случаям. При таком освещении снижается производительность труда и увеличивается количество допускаемых ошибок.

Основные требования, которые предъявляются к освещению, заключаются в том, чтобы с его помощью создать наиболее благоприятные условия для работы зрительного аппарата человека. Кроме того, оно должно удовлетворять вопросам экономичности, надежности и безопасности.

В помещении используется комбинированное освещение (общее и местное), искусственное и естественное. Для обеспечения требуемого освещения произведем расчет искусственной освещенности.

Искусственное освещение устраивается во всех основных и вспомогательных помещениях производственных зданий в соответствии с [16].

Согласно санитарно – гигиеническим требованиям рабочее место должно освещаться естественным и искусственным освещением. Персонал следит за контролируемыми параметрами с местного пульта управления, напрягая при этом зрение. По нормам освещения [16] и отраслевым нормам освещения рекомендуется 300 - 500 лк при общем освещении.

Произведем расчет освещенности.

Длина помещения (А) – 9м.

Ширина помещения (В) – 6м.

Высота помещения (Н) – 4 м.

Высота рабочей поверхности (h) – 1,1 м.

Коэффициент отражения стен (ρ_c) – 10%

Коэффициент отражения потолка (ρ_n) – 30%

Коэффициент запаса (K) – 1,6

Коэффициент неравномерности (Z) – 1,1

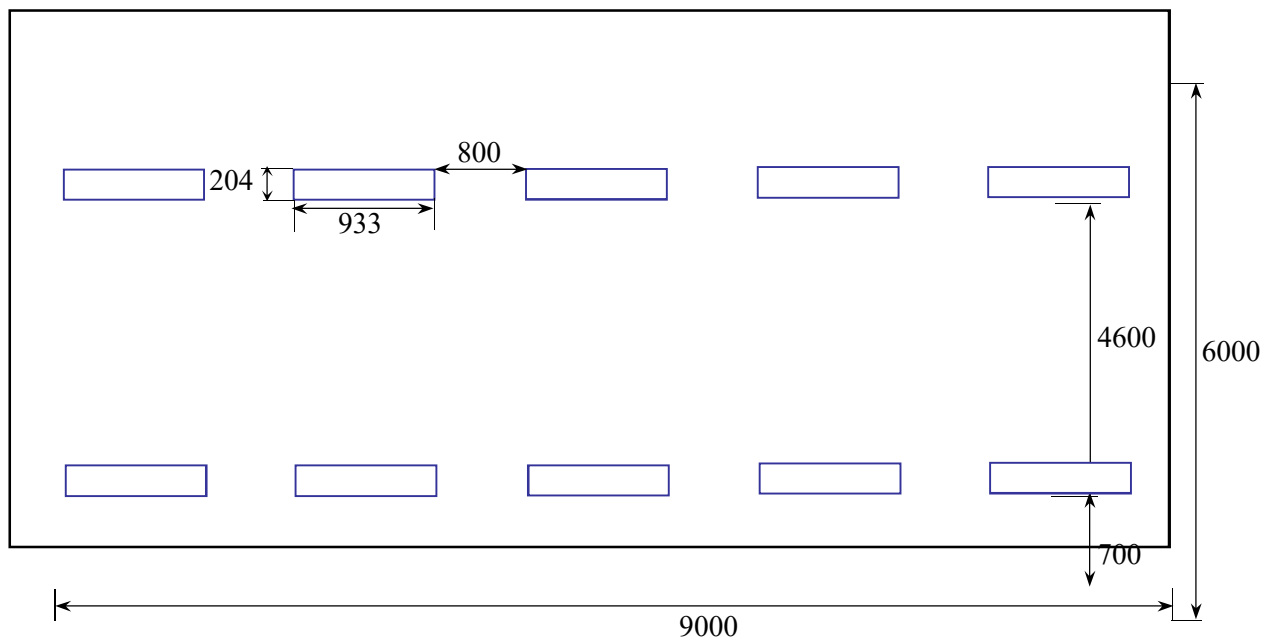


Рисунок 31 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

1. Выбираем светильники ОДР-2-30 и располагаем их согласно рисунку 1, учитывая, что длина светильников: 933 мм., ширина: 204 мм. Высота подвеса над полом: 3,5 м.

Расстояние от светильников до стен выбираем 0.7 – 0.8 м. ($\approx 1/3 L$)

2. Найдём индекс помещения :

$$i = \frac{S}{h(A+B)} = \frac{24}{2,4(9+6)} = \frac{24}{36} = 0,67$$

где S – площадь помещения, м²;

h – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м;

A, B – стороны помещения, м.

3. По таблицам находим:

- коэффициент использования: 48%
- минимальная освещённость: 300 лк

4. Величина светового потока лампы определяется по формуле:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 1,6 \cdot 54 \cdot 1,1}{20 \cdot 0,48} = 2970 \text{ лк}$$

где F – световой поток каждой из ламп, лм;

E – минимальная освещённость, лк;

K – коэффициент запаса;

S – площадь помещения, m^2

n – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока;

Z – коэффициент неравномерности освещения.

Выбираем 20 люминесцентных ламп типа ЛБ2180-140 со световым потоком 3000 лм. по 2 шт. в каждый светильник.

Шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности. Он может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а так же проникает извне. В операторной присутствует постоянный шум от работающего оборудования.

В результате исследований установлено, что шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека. Действие шума различно: затрудняет разборчивость речи, вызывает снижение работоспособности, повышает утомляемость, вызывает изменения в органах слуха человека, ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция.

Предельно допустимые значения, характеризующие шум и вибрацию регламентируются [16]. Норма эквивалентного уровня звука в помещении цеха равна 60 дБ по шкале А.

При воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны нервной, сердечно-сосудистой систем, органов пищеварения и некоторых биологических показателей крови. Уровень напряженности в помещении 0,5 кВ/м, что значительно ниже предельно допустимого уровня.

Опасные психофизиологические и вредные производственные факторы, согласно ССБТ делятся на физические перегрузки (статические,

динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

При организации рабочего места необходимо выполнять требования эргономики, то есть учитывать все факторы, влияющие на эффективность действий человека при обеспечении безопасных приемов его работы.

Размер зоны приложения труда зависит от характера труда и может ограничиваться площадью, оснащенной технологическим основным и вспомогательным оборудованием, технологической оснасткой, инструментами и приспособлениями, а также пультом и щитом управления.

Предметом эргономики является конкретная деятельность человека, использующего машины, а объектом исследования – система «человек – машина – среда».

К эргономическим показателям относятся:

- гигиенические;
- антропологические;
- физиологические;
- эстетические.

Рабочие места проектируются с учетом антропометрических данных человека усредненных размеров человеческого организма, так как если размещение органов управления не соответствуют возможностям оператора, то выполняемая работа будет тяжелой и утомительной.

Рабочее место человека-оператора характеризуется рабочей средой, т.е. совокупностью факторов внешней среды. К ним относятся физические, химические, биологические.

Комфортной рабочей средой рабочего места называется такое состояние внешней среды на рабочем месте, которое обеспечивает оптимальную динамику работоспособности оператора, хорошее самочувствие и сохранение его здоровья.

Исходя из требований достижения оптимальных условий труда, в положении стоя, рабочее место должно иметь следующие параметры:

ширина не менее 1,0м; длина не менее 2,0м; высота рабочей поверхности над полом 1,5м.

Главным органом управления системой дозирования является пульт местного управления, с помощью которого в преобразователь частоты вводятся команды.

Немаловажное значение для условий работы имеет размещение пульта. Пульт должен быть расположен на площадке с размерами 1,5×1,5м. Клавиши пульта ярко изображены. Все это позволяет создать оптимальные условия для работы.

Располагать рабочее место, оборудованное пультом необходимо таким образом, чтобы в поле зрения персонала не попадали окна и осветительные приборы. Они не должны находиться непосредственно за спиной.

Большое значение имеет цветовое решение при оформлении помещения цеха. Психофизиологическое воздействие цвета первый и наиболее важный фактор, учитываемый при выборе цветового решения. Учитывая характер работ, следует выбирать неяркие, малоконтрастные оттенки, которые не рассеивали бы внимания в рабочей зоне.

4.1.3 Техника безопасности

Электробезопасностью является система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Персонал работает в непосредственной близости от установок. Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей станка);
- при соприкосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;

- имеется опасность короткого замыкания.

Для снижения полученного поражения электрическим током применяются деревянные трапы на всю длину зоны обслуживания, резиновые диэлектрические коврики, а также персоналу выдаются перчатки и спецодежда из резины. До выдачи все испытывается.

Все помещения делят на:

- помещения с повышенной опасностью;
- особо опасные помещения;
- помещения без повышенной опасности.

Согласно классификации помещений по опасности электропоражений помещение относится к помещению с повышенной опасностью, т.е. оно характеризуется наличием токопроводящих полов.

Все меры обеспечения безопасности эксплуатации электроустановок можно разделить на подгруппы.

Организационные мероприятия :

- оформление работ нарядом, распоряжением или в порядке текущей эксплуатации
- допуск к работе
- надзор во время работы
- оформление перерывов и окончания работ

Технические мероприятия:

- отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых должна быть проведена работа, и принятие мер, в результате которых становится невозможна подача напряжения к месту работы;
- вывешивание запрещающих плакатов;
- проверка отсутствия напряжения на участке работ и наложение на токоведущие части заземлений;
- ограждение места работ и вывешивание указывающих плакатов;

Эксплуатационные мероприятия:

- при любой неисправности необходимо обращаться к ответственному за помещение
- персоналу не разрешается разбирать оборудование, работать в верхней одежде и другое.

Длительное положение оператора котельной стоя, монотонность труда, напряжение зрения приводит к физической усталости человека, снять которое поможет так называемая зарядка для глаз, разминка для тела.

Оптимальная организация режима труда и отдыха, рациональная организация трудового процесса позволяет снизить перегрузки при умственном труде.

4.2 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Пожарная безопасность является одним из важнейших разделов охраны труда на производстве. Существенную роль в профилактике и предотвращении пожаров играет правильный выбор режима работы электрооборудования с учётом класса по пожароопасности, применения молниеотводов. Все производственные помещения по пожароопасности разделяются на пять основных категорий. Данное производство согласно [24] можно отнести к категории Д (производство, в котором применяются негорючие вещества). В данной лаборатории пожар может возникнуть из-за токов короткого замыкания, вызывающих высокую температуру нагревания проводников, что приводит к их выплавлению из изоляционного материала. В этом отношении опасны недопустимые электрические перегрузки проводов и обмоток электрических машин. В местах плохого контакта соединения проводников вследствие большого переходного сопротивления выделяется большое количество тепла. Это приводит к повышению температуры и воспламенения изоляции. Были установлены

общие требования пожарной безопасности к объектам различного назначения всех отраслей народного хозяйства при строительстве и эксплуатации. Пожарная безопасность должна обеспечиваться:

- системой предотвращения пожара;
- системой противопожарной защиты;
- организационно-техническими мероприятиями.

Системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, обеспечивающих сохранность материальных ценностей, следует применять при наличии экономической эффективности от их внедрения. Экономическая эффективность должна рассчитываться с учётом вероятности возникновения пожара и возможного ущерба от него. Предотвращение пожара должно достигаться предотвращением образования горючей среды. Это должно обеспечиваться минимально возможным применением горючих материалов. Содержание газов, паров, взвесей и легко воспламеняющихся жидкостей должно быть по возможности вне пределов воспламенения.

Установки пожарной сигнализации, введённые в объект, должны удовлетворять требованиям проектной документации и отраслевым стандартам.

Огнетушители различных видов относятся к классу переносных средств пожаротушения. Огнетушители, годные к эксплуатации, должны иметь бирку и маркировку и должны быть окрашены в красный цвет. Зарядка и перезарядка всех типов огнетушителей должна выполняться в соответствии с инструкциями по эксплуатации. Огнетушители должны располагаться в заметных и легко доступных местах, где исключено попадание солнечных лучей. Количество первичных средств пожаротушения определяется по [22]:

Таблица 15 - Количество первичных средств пожаротушения

Лаборатория	S _{ЛАБ} , м ²	Огнетушители	
		ОУ-5	ОХП-10
НПС	128	1	2

Пожарный ручной инструмент и инвентарь, размещенный на объекте, подлежит периодическому обслуживанию, включающему следующее:

1. Очистка от пыли, грязи и коррозии;
2. Восстановление соответствующей окраски.

На рабочем месте каждый стенд должен быть оснащен защищенной аппаратурой. Должна быть предусмотрена блокировка и защита на случай короткого замыкания и перегрузок, обеспечения возможности снятия напряжения со всего оборудования с помощью расположенных вне помещения рубильников. В производственных помещениях должна обеспечиваться возможность эвакуации людей и оборудования в случае пожара. План эвакуации на случай пожара представлен на рисунке 32.

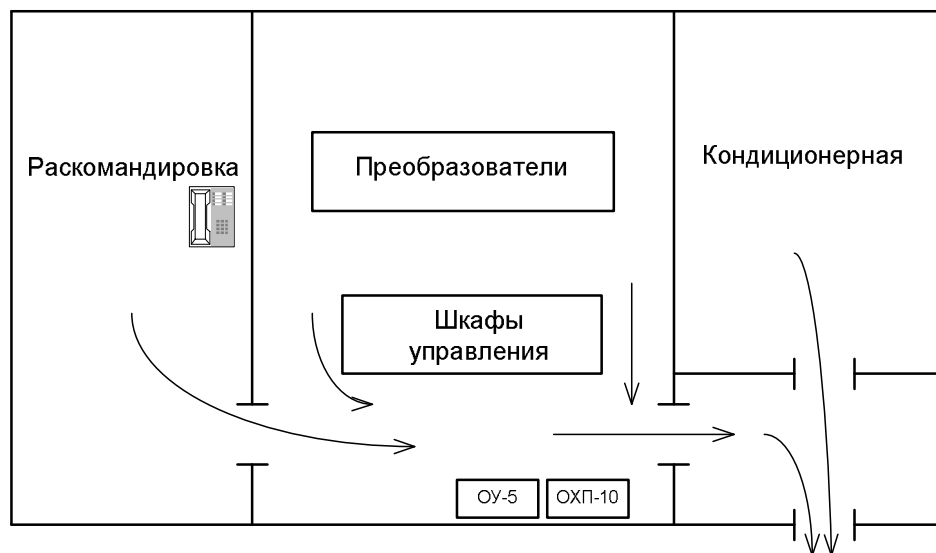


Рисунок 32 – План эвакуации персонала при пожаре

4.3 Экологическая безопасность

Воздействие напряженности электрического поля на окружающую среду в не территории цеха невелико.

Для персонала цеха внутри ее территории напряженность электрического поля по нормам должна быть не более 15 кВ/м^2 на маршрутах обходов для просмотра оборудования, и не более 5 кВ/м^2 на рабочих местах у оборудования, где возможно длительное воздействие на персонал при профилактических ремонтных работах. В зонах, где эти значения

превышены, производится экранирование площадок у рабочих мест и трасс на маршрутах обходов.

Для исключения влияния на окружающую среду возможных разливах трансформаторного масла при авариях с маслонаполненным оборудованием, на подстанциях предусматриваются маслоприемники, аварийные маслостоки и закрытые маслосборники, в которые также могут поступать воды из маслоприемников содержащие следы масла. Вместе с тем необходимо отметить, что по своему устройству и режимам работы ВЛ и подстанций напряжением 500 кВ и выше не могут привести к катастрофическим авариям, связанным с массовым поражением людей. Повреждения и аварии на подстанции $U \geq 500$ кВ, как правило, не распространяются за пределы их внешней ограды. Некоторую опасность могут представлять только пожары на подстанциях, связанные с авариями трансформаторов большой мощности.

Мероприятия по охране природы регламентируются ГОСТ 17.0.001-86 (Основные положения), ГОСТ 17.2.1.01-86 (Атмосфера) и ГОСТ 17.11.02-86 (Гидросфера).

В цехе при волочении стальной проволоки, ее отжига и лужения выделяются загрязняющие вещества: аэрозоль масла, оксид железа.

В сварочном отделении присутствует ручная дуговая сварка сталей электродами марки МР. Загрязняющие вещества: оксид углерода, оксид железа, марганец и его соединения, фтористый водород.

Заточное отделение производит заточку стальных деталей. Загрязняющие вещества: оксид железа.

Кузница работает на коксе. Загрязняющие вещества: зола, оксид углерода, сернистый ангидрид, диоксид азота.

В самом процессе производства не образуются сточные воды. Сточные воды появляются в результате мойки оборудования и текущей уборки (речь идет о высокой степени разбавления), и специальными сливами отводятся в технологическую канализационную сеть. Предварительная

обработка этой воды перед выливанием в общие сети достигается отведением в бассейн для нейтрализации.

Вредные отходы, к которым относятся лом и отходы стальных изделий незагрязненные, лом и отходы, содержащие алюминий и т.д. передаются специализированным организациями для утилизации и вывоза на объекты размещения отходов.

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Электротехнологический персонал производственных цехов и участков, не входящих в состав энергослужбы потребителя, осуществляющий эксплуатацию электротехнологических установок и имеющий группу по электробезопасности II и выше, в своих правах и обязанностях приравнивается к электротехническому в соответствии с приказом от 13 января 2003 года «Об утверждении правил технической эксплуатации электроустановок»

Работники, принимаемые для выполнения работ в электроустановках, должны иметь профессиональную подготовку, соответствующую характеру работы. При отсутствии профессиональной подготовки такие работники должны быть обучены (до допуска к самостоятельной работе) в специализированных центрах подготовки персонала (учебных комбинатах, учебно-тренировочных центрах и т.п.).

К самостоятельной работе допускаются лица прошедшие медицинское освидетельствование, курсовое обучение по теоретическим знаниям и практическим навыкам в работе в объёме программы, аттестацию квалификационной комиссии и инструктаж по охране труда на рабочем месте.

Первичный инструктаж рабочий получает на рабочем месте до начала производственной деятельности. Первичный инструктаж производит мастер цеха. Повторный инструктаж рабочий получает - ежеквартально.

После первичного инструктажа в течение первых двух – пяти смен должен выполнять работу под наблюдением мастера, либо наставника, после чего оформляется допуск к самостоятельной работе, который фиксируется датой и подписью инструктирующего и инструктируемого в журнале инструктажа.

Требования безопасности во время работы согласно ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности [8].

- одеть рабочую обувь и одежду
- заизолировать имеющиеся повреждения кабелей, соединений, зажимов и заземления
- работать только исправными, заизолированными инструментами
- убрать посторонние предметы, мешающие свободному перемещению
- не допускать присутствия посторонних лиц при электромонтажных и других работах
- не привлекать к работе лиц, не имеющих необходимой группы допуска по электробезопасности.
- работать только в диэлектрических перчатках
- при использовании лестницы привлекать подсобного рабочего
- пользоваться постоянными и предупредительными плакатами: предостерегающими «Под напряжением – опасно для жизни», запрещающими « Не включать – работают люди», разрешающими « Работать здесь», напоминающими « Заземлено»
- не допускать замасливания кабелей, попадания на них искр, воздействия высокой температуры и падения тяжёлых предметов

На предприятии все работники проходят проверки на выполнение всех вышеуказанных требований безопасности. Также перед допуском к оборудованию каждый работник проходит соответствующие инструктажи.

В результате выполнения раздела «Социальная ответственность» проведена оценка условий труда, проанализированы вредные и опасные факторы, воздействующих на работника, разработаны меры защиты от них, также рассмотрены вопросы техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды.

Заключение

В результате исследования данной системы были выполнены все необходимые задачи.

В процессе расчета параметров двигателя были определены следующие значения: номинальный момент двигателя $M_{дв.н} = 2,582 \text{ Н} \cdot \text{м}$, номинальный фазный ток $I_{фн} = 1,969 \text{ А}$. Были построены различные характеристики, отражающие работу двигателя и характеристики системы преобразователь частоты-асинхронный двигатель при различных значения напряжения и частоты питающей сети.

Произведен выбор и расчет всего необходимого оборудования: преобразователя частоты, инвертора, выпрямителя, а также защитных аппаратов: автоматического воздушного выключателя, магнитного пускателя.

Рассматриваемая система построена на базе микроконтроллера RTU 188BS, которая в свою очередь была изучена и рассмотрена в данной работе.

Данная система дозирования была испытана при помощи имитационной модели в Matlab Simulink. Были построены характеристики, доказывающие адекватность построенной модели при различных значениях массы дозируемого материала.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 12.0.003–74.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
2. ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
3. ГОСТ 12.0.004–90 ССБТ. Обучение работающих безопасности труда
4. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Защитное заземление, зануление
5. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов
6. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования
7. СНиП П-12-77. Защита от шума
8. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий
9. СНиП 2.04. 05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование
- 10.ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (01. 07. 92)
- 11.ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования
- 12.ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2003
- 13.Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681 “Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств.”

14. Гусев Н.В., С.В. Ляпушкин, М.В. Коваленко. Автоматизация технологических комплексов и систем в промышленности. учебное пособие по курсовому проектированию/ Н.В. Гусев, С.В. Ляпушкин, М.В. Коваленко; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 186 с..

15. Ляпушкин, Сергей Викторович. Повышение эффективности управления электроприводом автоматизированного комплекса дозирования сыпучих материалов: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: спец. 05.09.03 / С. В. Ляпушкин; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); науч. рук. В. Г. Букреев. — Защищена 16.12.2015 г. — Томск: 2015. — 146 л.: ил.. — Библиогр.: с. 123-130.

16. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. — М.: ДМК Пресс; СПб: Питер, 2008. — 288 с.

17. Видинеев Юрий Дмитриевич. Автоматическое непрерывное дозирование материалов. Москва - Ленинград, издательство „Энергия“, 1965. Библиотека по автоматике, выпуск 145.